

Kapittel 3
Materialegenskaper



Innhold

3.1 Generelt	20
3.2.1 Trykkfasthet	20
3.2.2 Strekkfasthet	20
3.2.3 Bøyestrekfasthet	21
3.2.4 Skjærfasthet	21
3.2.5 Heftfasthet til betong	21
3.3 Deformasjonegenskaper	21
3.3.1 Arbeidsdiagram	21
3.3.2 Elastisitetsmoduler	21
3.4 Varmetekniske egenskaper	22
3.4.1 Varmeledningsevne	22
3.4.2 Spesifikk varmekapasitet	22
3.5 Fukttekniske egenskaper	22
3.5.1 Porøsitet	22
3.5.2 Sugesevne	23
3.5.3 Fukttinnhold	23
3.6 Volumbestandighet	23
3.6.1 Temperaturbevegelser	23
3.6.2 Svinn og svelling	23
3.7 Lydtekniske egenskaper	24
3.7.1 Luftlydisolasjon	24
3.7.2 Lydabsorpsjon	24
3.8 Branntekniske egenskaper	24

3 Materialelegenskaper

3.1 Generelt

Basismaterialer i Leca blokkene er Leca lettklinker og sement. Leca er ekspandert leire og er et porøst, keramisk materiale. Det inneholder ingen gasser eller aggressive stoffer og er fullstendig nøytralt. Materialets motstand mot kjemisk angrep er som for hardbrent tegl og glass. Internt porevolum i Leca kornene utgjør 70-75 %.

Med Leca lettklinker som tilslag og sement som binde-middel kan det produseres lettklinkerbetong med densiteter fra 400 kg/m³ til oppimot 2.300 kg/m³. Til blokkprodukter benyttes hovedsaklig densiteter fra 500 til 900 kg/m³, og til spesielle formål 1.300 kg/m³. Forskjellige densiteter benyttes for å fremheve spesielle egenskaper i blokkene, som f.eks. bæreevne, lyd- eller varmeisolasjon.

3.2 Fasthetsegenskaper

3.2.1 Trykkfasthet

For murverk er det viktig å skille mellom blokkfasthet og murverkfasthet. Blokkfasthet refererer til den enkelte blokktype, mens murverksfasthet tar hensyn til murmørtelkvalitet, og samvirket mellom blokk og murmørtel. Normalt er murmørtelens fasthet høyere enn Leca blokkens.

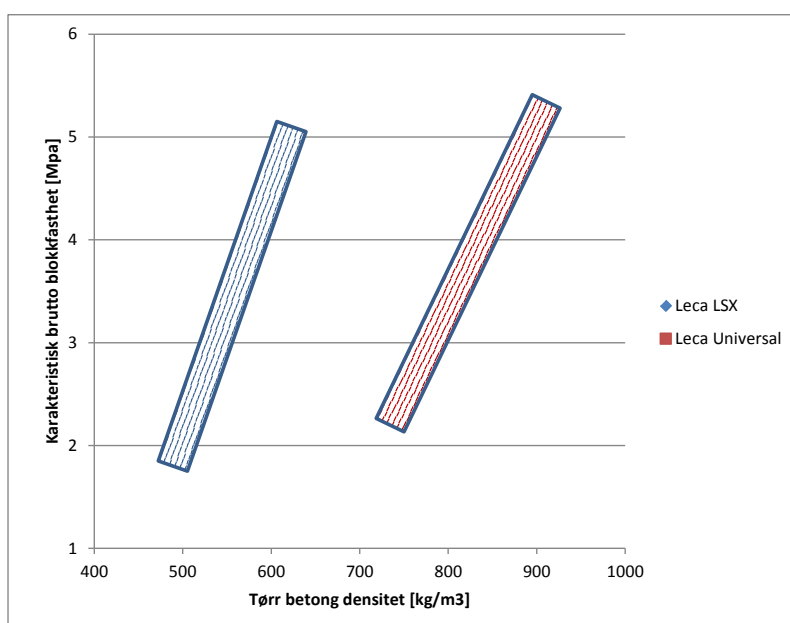
Blokkens trykkfasthet er avhengig av blokkens densitet. Fasthet og densitet er to viktige størrelser i karakteristikkene av Leca blokker. Blokkene angis derfor ofte med disse størrelsene, f.eks. Leca blokker 3/770. Dette er blokker med karakteristisk trykkfasthet 3 N/mm² regnet på brutto flate uten fradrag for eventuelle hullutsparinger i blokkene, og med middeldensitet på Leca lettklinkerbetongen i ovnstørr tilstand 770 kg/m³. Sammenhengen

mellom blokkfasthet og netto densitet til Leca blokker er som angitt i diagram i figur 3.1. Høyere densitet gir generelt høyere trykkfasthet. Blokker av Leca lettklinkerbetong er underlagt kontroll av Kontrollrådet. Et av kvalitetskravene som kontrolleres er trykkfasthet. Trykkfastheten beregnes etter NS-EN 772-1 /3.1/ som forholdet mellom bruddlasten og trykkflaten uten fradrag for eventuelle hullutsparinger. For Leca blokker 3/770 skal trykkfasthet målt på hel blokk, regnet på brutto flate, være 3 N/mm².

Murverkets trykkfasthet kan bestemmes etter standardisert prøvemethode gitt i NS-EN 1052-1 /3.2/. Hvor dokumenterte verdier ikke foreligger, kan karakteristisk trykkfasthet f_k for murverk beregnes etter formler og retningslinjer angitt i NS-EN 1991-1-1 /3.5/. Vær oppmerksom på at murverket har forskjellige trykkfasthetsegenskaper i de to retningene i murverkets plan (f_{ky} og f_{kx}). Verdiene for karakteristisk trykkfasthet for Leca murverk, beregnet etter formlene i NS 3475 er angitt i kapittel 7.2.1, tabell 7.2.

3.2.2 Strekkfasthet

For murverk generelt er trykkfastheten langt større enn strekkfastheten. Normalt angis denne som 1/6-1/8 av trykkfastheten. For blokker med trykkfasthet 3 N/mm² vil strekkfastheten dermed bli 0,4-0,5 N/mm².

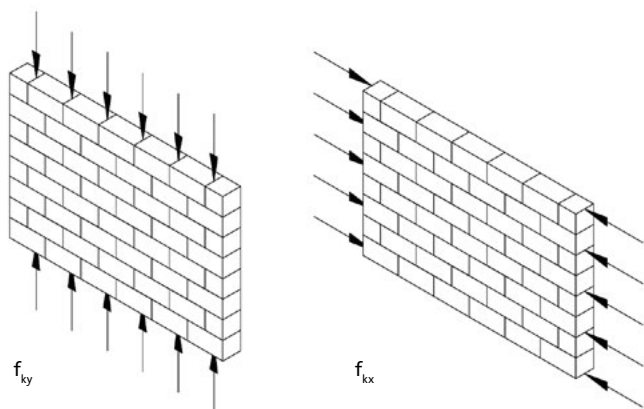


Figur 3.1 Prinsipiell sammenheng mellom blokkfasthet og netto densitet til Leca blokker

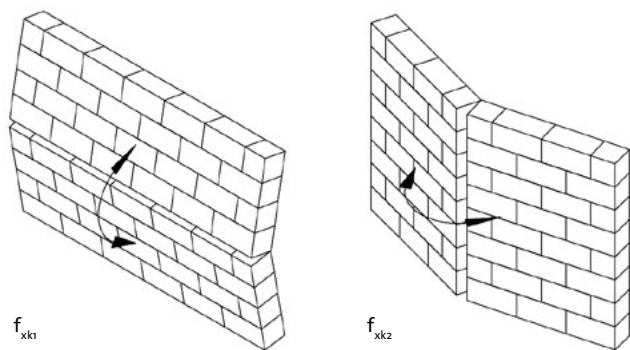
3.2.3 Bøystrekkfasthet

Murverkets bøystrekkfasthet f_{xk} kan bestemmes etter standardisert prøvemethode gitt i NS-EN 1052-2 /3.3/. Bøystrekkfasthet i henholdsvis vertikal og horisontal retning angis som f_{xk1} og f_{xk2} , se figur 3.3. Med vertikal retning menes bøyning om liggefugene, mens horisontal retning er bøyepåkjening om stussfugene. Verdiene for karakteristisk bøystrekkfasthet for Leca murverk (beregnet etter uttrykkene i NS-EN 1991-1-1 /3.5/) i de ulike akseretningene er angitt i kapittel 7.2.1, tabell 7.2.

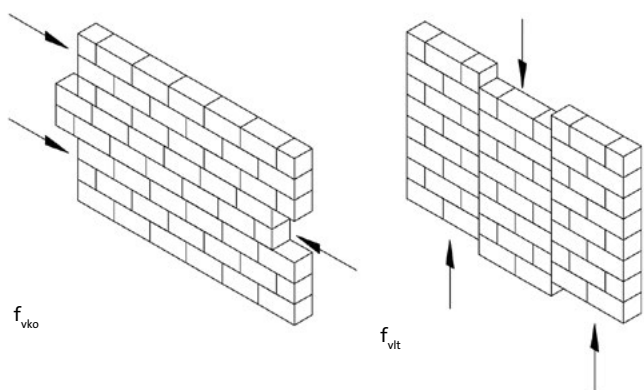
Bøystrekkfasthet prøvd på en enkel blokk ligger normalt i området 0,6-1,0 N/mm² for blokk med 3 MPa - 770 kg/m³.



Figur 3.2 Murverk utsatt for trykkpåkjenning



Figur 3.3 Murverk utsatt for bøystrekkpåkjenning



Figur 3.4 Murverk utsatt for skjærpåkjenning

3.2.4 Skjærfasthet

Heftfastheten mellom blokk og mørtel kan angis ved hjelp av skjærfastheter bestemt etter standardisert prøvemethode gitt i NS-EN 1052-3 /3.4/. Skjærfasthet for henholdsvis horisontalt skjærbrudd i mørtelfuger og skråskjærbrudd i murverket angis som f_{vko} og f_{vit} , se figur 3.4. Hvor dokumenterte verdier ikke foreligger, kan karakteristisk skjærfasthet for murverk beregnes etter uttrykkene angitt i NS-EN 1991-1-1 /3.5/. Verdiene for karakteristisk skjærfasthet for Leca murverk beregnet etter reglene i NS-EN 1991-1-1 er angitt i kapittel 7.2.1, tabell 7.2.

3.2.5 Heftfasthet til betong

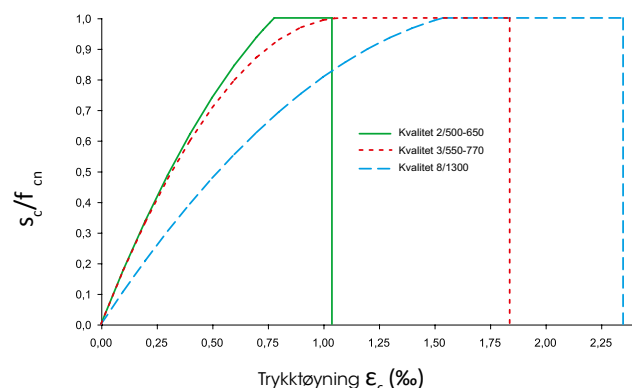
Ren strekkprøving av heftforbindelse mellom betong og Leca blokker 3/770 gir brudd ved strekkspenning ca. 0,3 N/mm².

3.3 Deformasjonsegenskaper

3.3.1 Arbeidsdiagram

Deformasjonsegenskaper inngår i dimensjonering av murte konstruksjoner. E-modulen (E) inngår blant annet ved bestemmelse av trykkpåkjennte konstruksjoners effektive slankhet, se kapittel 7.3.1.2. Bruddtøyningen (ϵ) brukes ved dimensjonering av armerte konstruksjoner.

Blokkmurverk kan antas å ha en spennings- og tøyningssammenheng (arbeidsdiagram) ved aksial trykkpåkjenning frem til brudd som vist i diagram i figur 3.5.



Figur 3.5 Karakteristisk arbeidsdiagram for Leca murverk med Leca Universalblokk ved vertikal trykkpåkjenning. Det antas at Leca LSX har tilsvarende verdier ved samme fasthet.

3.3.2 Elastisitetsmoduler

Ved kapasitets- og deformasjonsberegninger av lett-klinkermurverk er det vanlig å betrakte materialet som lineært elastisk. Det vil si at deformasjonene øker proporsjonalt med spenningsene frem til brudd. Proporsjonalitetsfaktoren kalles materialets elastisitetsmodul (E-modul) og oppgis i N/mm². Strengt tatt er ikke spennings-/tøyningsforløpet lineært. Lineariteten er størst i første del av spennings-/tøyningsforløpet, se figur 3.5.

Murverkets elastisitetsmoduler under korttidslast kan bestemmes ved standardiserte forsøk i henhold til NS 1052-1 /3.2/, og skal angis som sekantmodul ved 1/3 av maksimalspenningen.

Murverkets elastisitetsmoduler under langtidslast kan bestemmes ut fra korttidsmodulen i henhold til NS-EN 1991-1 /3,5/. Langtidsmodulen må korrigeres for last-avhengige kryptøyninger. Leca murverk har normalt et fryktall rundt 2,0.

Elastisitetsmoduler for Leca murverk er gitt i kap. 7, tabell 7.2. Verdiene er basert på laboratorieforsøk og målinger, samt anvisninger i andre utgave av NS 3475 fra 2004.

Elastisitetsmodulen for Leca murverk er relativt sett lav, og varierer med lastvirkning, lastretning, lastens varighet og murverkets fasthet. For å redusere eventuell deformasjon under konsentrerte belastninger, benyttes f.eks. armert og utstøpt U-blokkskift som lastfordeler, se kapittel 4.6.3.5.

3.4 Varmetekniske egenskaper

3.4.1 Varmedningsevne

Materialets evne til å transportere varme uttrykkes ved termisk konduktivitet (λ), også kalt varmedningsevne. Denne størrelsen bestemmes i prøveapparater etter standardiserte metoder.

Termiske konduktivitet (varmedningsevne) for Leca murverk varierer med blokkenes densitet, fuktinnhold og fugeutførelse. Leca blokker med densitet 500 kg/m^3 og 770 kg/m^3 vil ved et fuktinnhold ha en varmekonduktivitet λ på hhv 0,13 og 0,22 W/mK. Murverk av Leca blokker har fuger med høyere termisk konduktivitet enn blokkene. I beregninger av murverkets varmemotstand korrigeres derfor med et fugetillegg og et fukttillegg.

Delte mørtelfuger gir noe bedre isolasjon, dvs. lavere λ -verdi. For å oppnå tilsiktet varmeisolasjonsevne må minst én veggoverflate porettes. Varmeisolasjon og beregning av U-verdier til Leca murverk er omtalt i kapittel 4.7.

3.4.2 Spesifikk varmekapasitet

Materialets evne til å akkumulere eller avgi varme uttrykkes ved materialkonstanten spesifikk varmekapasitet (c). For tørre Leca blokker regnes spesifikk varmekapasitet: $c = 900 \text{ Ws}/(\text{kgK})$.

For fuktinnholdet er: $c = 4.180 \text{ Ws}/(\text{kgK})$.

Leca murverkets høye varmekapasitet har gunstig innvirkning på både innklima og økonomi. Den kan utnyttes til å redusere varme- eller kjølebehov i bygningen.

3.5 Fukttekniske egenskaper

Materialets fukttekniske egenskaper påvirker bruks-egenskapene i stor grad. Fuktmengden i Leca blokker eller ferdig oppmurt konstruksjon gir utslag på varmeisolasjonsevne, frostbestandighet, sikkerhet mot fukt-skader, samt mur- og pussmørtelens heft- og herdebetingelser. Fuktinnholdet i lettklinkerblokk uttrykkes som fuktmengdens andel i vektprosent av tørt materiale. Innmuring av blokker med høyt fuktinnhold kan gi problemer på grunn av store svinntøyninger. Av den grunn er det viktig å beskytte både blokker på byggeplass og det ferdige murverk mot økt fuktinntregning før det pusses. For fuktsikring av Leca murverk, se kapittel 4.8.

3.5.1 Porøsitet

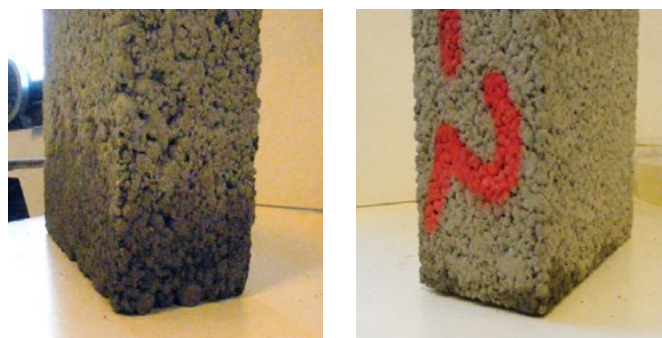
Porene i selve Leca kornene er tidligere omtalt som det interne porevolum og utgjør 70-75 % av kornvolumet. Leca blokker har også et eksternt poresystem. Her må vi skille mellom de tradisjonelle Leca Universalblokkene og den nyutviklede betongteknologien LSX. Sementen som binder de enkelte korn punktvis sammen er tynn og fyller ikke hulrommet mellom kornene. I tillegg holdes andelen av sand lav for ikke å fylle hullrommet.

Denne sammensetningen gjør at blokkene får en grov og kontinuerlig porestruktur mellom lettklinkerkornene. Hulrommet mellom kornene kalles det eksterne porevolum. Det eksterne porevolumet avhenger av kornstørrelser og densitet. Eksempelvis har Leca blokker av kvalitet 3/770 ca. 30 % eksternt porevolum.

Det eksterne poresystemet er sammenhengende, dvs. at blokkene er drenerende for vann og dessuten luftåpne.



Figur 3.6 Porøsitet i Leca lettklinkerbetong



Figur 3.7 Vannoppsug test for Leca blokker av ulik type. Til venstre tradisjonell Leca blokk. Til høyre LSX blokk som viser klart redusert kapillær sugsevne.

Dette gir verdifulle egenskaper som frostsikkerhet og lydabsorpsjon, men forutsetter tetting med puss eller slemming på minimum en side i varme- og lydisolerende, samt brannskillende konstruksjoner. Uten overflatebehandling av utvendige Leca vegger kan vann lett trenge inn i veggen.

LSX er nyutviklet betongteknologi som gir noen andre egenskaper enn den tradisjonelle Universal. I LSX blokkene er alle tunge komponenter erstattet med lette komponenter samt at bindemidlet er gjort lettere. Ved hjelp av patentert teknologi oppnås samme fasthet, men klart lavere densitet. Porestrukturen i LSX består av mange små porer og færre store porer. Det eksterne poresystemet er derfor endret. Endringene i porestruktur medfører at LSX på noen områder har enda mer gunstige egenskaper enn tradisjonelle lettbetongblokker.

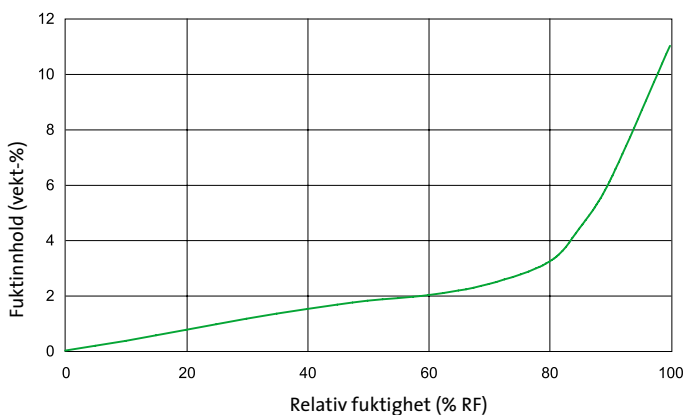
3.5.2 Sugeevne

Leca blokker suger vann i meget liten grad. Det skyldes poresystemet som gir liten mulighet for kapillærtransport av fukt. På grunn av lite sug vil både mur- og pussmørtel ha de beste herdingsforhold selv i tynne sjikt, da lite av mørtelvannet overføres til blokkene. Dermed hindres for rask uttørking. Blokkenes grove overflate og sement som bindemiddel i blokkene gir i tillegg gode heftegenskaper mellom mørtel og blokk. Tester viser at LSX har enda mere gunstig sugeevne enn de tradisjonelt gode Leca blokkene.

3.5.3 Fuktinnhold

Leca blokker drenerer fritt vann. Alle Leca blokker er frostsikre såfremt de ikke fryses neddykket i vann. Blokkene kan imidlertid holde noe på fuktighet på grunn av finstoff- og sementinnholdet. Likevektsfuktighet i murte konstruksjoner, som er beskyttet mot fritt vann, varierer med den relative fuktigheten (RH) i lufta. Eksempelvis vil fuktinnholdet i Leca Universalblokker 3/770 variere med forskjellig relativ fuktighet som vist i diagram i figur 3.8.

Normalt vil ytterveggkonstruksjoner stille seg inn på ca. 4 vekt-% fuktinnhold. Innervegger vil tørke ut til 2–3 vekt-%.



Figur 3.8 Fuktlikevektskurve i uttørkningstilstand for Leca murverk av Leca Universalblokk 3/770 ved 20 °C. Det antas at LSX med samme fasthet har tilsvarende verdi.

3.6 Volumbestandighet

3.6.1 Temperaturbevegelser

Temperaturrendringer gjør at alle bygningsmaterialer forandrer størrelse. Derfor er det viktig å kjenne temperaturutvidelsen for de materialene som er så stive at de kan overføre krefter til andre materialer og konstruksjonsdeler. I slike tilfeller kan det oppstå skader pga. relative bevegelser.

Leca murverk er et relativt volumstabil materiale med små temperaturbevegelser. For murverk av Leca blokker kan det regnes med en spesifikk temperaturutvidelseskoeffisient:

$$\alpha = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mm/mmK (eller } 0,008 \text{ mm/mK)}$$

Temperaturutvidelseskoeffisienten er påvirket av fuktinnholdet i murverket, men i dimensjoneringssammenheng er en koeffisient som nevnt ovenfor dekkende for alle fukttilstander.

Fare for opprissing som følge av temperaturbevegelse motvirkes ved bruk av fugearmering og bevegelsesfuger. Dette er nærmere omtalt i kapitler 4.6.4 og 4.6.5.

3.6.2 Svinn og svelling

Alle bygningsmaterialer endrer volum når fuktinnholdet endres. Økt fuktinnhold gir økt volum (svelling), og når materialet tørker, minsker volumet (svinn).

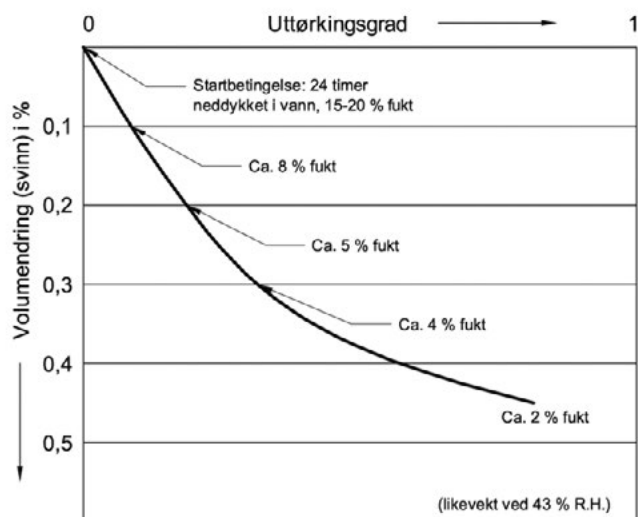
Svinn i Leca murverk kan deles opp i kjemisk svinn og tørkesvinn. Størst praktisk betydning har såkalt tørkesvinn som skyldes tørking av lettklinkerbetongen. Svinnet er størst i blokkene under og rett etter produksjon. I praksis vil ca. 70 % av svinnet være unnagjort i det blokkene forlater herdekammeret. Ved lagring vil svinnet fortsette, og for blokker benyttet til muring er det meste av svinnet unnagjort. Ved senere oppfukning av murverk etter tørking kan tørkesvinn i all hovedsak regnes som reversibelt.

I Leca murverk murt uten murmørtel i stussfuger utgjør mørtelfugene mindre enn 5 volumprosent av murverket. Selv om mørtelfugene relativt sett har større svinn enn blokkene, vil bidraget fra mørtelfugene være neglisjerbart når en ser på hele murverket. Svinn i Leca murverk vil derfor i første rekke være avhengig av hvor fuktige blokkene er ved innmuring og i hvilken relativ fuktighet murverket befinner seg i. Avhengig av dette vil fritt svinn i praksis ligge på 0,15–0,30 % for Leca blokker av kvalitet 3/770 i yttervegger. I innervegger vil uttørking gå noe lengre og vil gi verdier i overkant av det som er angitt for yttervegger. Til gjengjeld er temperaturpåkjenningene små for slike vegger.

Svinnforsøk etter standardisert prøvingsmetode viser liten forskjell på nystøpte og vellagrede blokker når prøvingen skjer fra neddykket tilstand. Laboratiemålingen utføres ved temperatur 20 ± 2 °C og relativ fuktighet (RH) 43 ± 2 %. En typisk svinnekurve for Leca blokker av universal kvalitet 3/770 er vist i diagram i figur 3.9.

LSX har en annen porestruktur enn tradisjonelle Leca blokker. Svinn og svelleforløpet vil bli annerledes.

LSX vil absorbere og desorbere fukt langsommere enn tradisjonelle Leca blokker. Det praktiske svinnet vil være



Figur 3.9 Svinnekurve for Leca Universalblokker 3/770

avhengig av fukthistorikken og tørkebetingelser. Det er minst like viktig å sørge for at LSX har gunstige tørkebetingelser som andre lettklinkerblokker. Total volumendring (svinn - svelleforløp) målt etter standarden NS-EN 772-14:2001 vil være omtrent likt for alle typer lettklinkerblokker, ca. 0,05%. Svinn i murverk er en sentral årsak til opprissing av puss. For å redusere faren for opprissing er det viktig at en vegg som skal pusses får tørke godt ut før overflatebehandling. Det er fordelaktig å benytte tørre blokker ved muringen og at murmørtelen er tilstrekkelig herdet før puss påføres. Oppfuktning av murverk på grunn av for eksempel nedbør gir en rask utvidelse av murverket. Uttørking tar mye lengre tid og fører til en langt tregere svinnutvikling enn fuktutviding. For å sikre god uttørking må murverk beskyttes mot nedfuktning før overflatebehandling. Riktig bruk av fugearmering reduserer skadevirkninger av svinnopp- rissing til et minimum, se kapittel 4.6.4.

3.7 Lydtekniske egenskaper

3.7.1 Luftlydisolasjon

På grunn av sin relativt høye densitet, grove poresystem samt lave E-modul, har massivvegger av Leca murverk meget god lydisolasjonsevne. For å oppnå den beste luftlydisolasjon, må flere praktiske forhold ivaretas som f.eks. poreetting og avslutning mot tilstøtende konstruksjoner.

På grunn av sin åpne porestruktur er en upusset vegg med Leca Universalblokk fullstendig luftåpen og gir derfor beskjeden luftlydisolasjon. Det er derfor nødvendig at veggen porettes med puss eller slemming på minimum én side. De beste resultatene oppnås ved muring med fulle fuger både i stuss- og liggefuger og puss på begge sider.

Avslutninger mot tilstøtende vegger, takflater eller andre konstruksjoner må være absolutt tette for å unngå luftlydgjennomgang. Tilslutningsdetaljene mot tilstøtende konstruksjoner er helt avgjørende for gode lydisolerende løsninger, og bør ivaretas på et tidlig tidspunkt i prosjekteringsfasen.

Det er gjennomført laboratorie- og feltmålinger av en rekke veggtypene. Det er som regel en direkte sammen-

heng mellom flatevekt og luftlydisolasjon. Tyngre blokker er derfor gunstigere enn lette blokker. Der det settes større krav til lydisolering, benyttes Leca Lydblokk som er spesiallaget for dette formålet. Se for øvrig kapittel 5 som omtaler bl.a. prosjektering av Leca lydskillevegger.

3.7.2 Lydabsorpsjon

Strukturen på upusset Leca murverk gir en relativt høy lydabsorpsjonsfaktor. Absorpsjonsfaktoren α er et mål for materialets lydabsorpsjonsevne og angir forholdet mellom den lydenergi som absorberes av en flate og den totale innfallende lydenergi som treffer flaten. Lydabsorpsjonen avhenger av konstruksjonsløsning og frekvensområde. Absorpsjonsfaktoren α er relativt konstant over hele frekvensområdet, og kan i middel settes lik 0,4.

Overflatebehandling i form av sprøytemaling eller maling med rull eller kost påvirker absorpsjonsevnen lite så lenge porene ikke mettes. Benyttes en poreetting som f.eks. slemming, vil absorpsjonsevnen bli vesentlig dårligere. Leca lydblokk har tett struktur og gir liten lydabsorpsjon.

Innvendige Leca vegger utnyttes ofte som absorberende flate for å senke etterklangstiden. Etterklangstiden i et rom er den tid det tar fra en lydkilde avbrytes og til det gjennomsnittlige lydtryknivået er sunket med 60 dB. I praksis vil dette si den tiden som går fra en lyd plutselig avbrytes og til den ikke høres mer.

Beregning av etterklangstid er vist i kapittel 5.6.3.

3.8 Branntekniske egenskaper

På grunn av sin porøse struktur og relativt lave varmeledningsevne, har Leca murverk meget god brannmotstand og brannbeskyttende egenskaper. Siden Leca lettklinker (Løs Leca) i blokkene er et keramisk materiale som allerede er brent ved temperatur rundt 1.100 °C, vil ikke disse gjennomgå noen nevneverdig forandring i et branntilfelle. Derimot vil sementlimet kunne svekkes innover i blokkene i takt med temperaturøkningen. Sementlimet går i oppløsning ved ca. 570 °C. På grunn av lettklinkerens varmeisolerende evne, vil denne prosessen gå vesentlig langsommere enn i vanlig betong.

Ved høye temperaturer øker Leca blokkenes svinn og fastheten avtar som i andre sementbundne materialer. I et "normalt" branntilfelle vil fasthetsreduksjonen sjelden gå lenger inn i blokken enn 15-25 mm. Murverket opprettholder derfor store deler av sin bæreevne under brannen, og kan i de fleste tilfeller enkelt rehabiliteres, bortsett fra eventuelle luktproblemer.

Leca blokker må porettes på minst én av sidene for å ha brannmotstand. Leca Finblokk kan derimot på grunn av sin tette porestruktur, stå ubehandlet på begge sider forutsatt at man har oppført murverket med murmørtel både i horisontale og vertikale fuger. Leca Isoblokk må pusses/slemmes på begge sider, minimum tykkelse 4 mm.

Ved vurdering av konstruksjonsbæreevne etter brann må flere forhold tas i betraktning, som f.eks. redusert blokk- og murmørtelfasthet, riss- og sprekke-dannelser, avskalling av puss, m.v. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 6 som omtaler prosjektering av Leca brannskillevegger.

