

VRIDEMETODEN

Mørtelfugers styrke målt ved vridning

Ved Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) er der blevet udviklet en metode til at måle en mørtelfuges styrke ved at man murer to sten sammen og vrider dem i forhold til hinanden. Den kraft, som skal til for at vrider prøvelegemet i stykker kan omregnes til forskydningsstyrken i fugen. Metoden efterligner den påvirkning, som opstår i en mur, der bøjes omkring studsfugene.

Anvendelse

Metoden giver mulighed for fabrikanterne til at udvikle kalkmørtler, som ikke skal laves om på byggepladsen ved tilsætning af cement. Metoden kan anvendes til

- Sikring af, at mørtlen ikke bliver så stærk, at den kan trække stenen i stykker.
- Optimering af bindemiddelindholdet.
- Optimering af komkurven.
- Undersøgelse af effekten af muring med våde sten.
- Undersøgelse af styrkens tidsudvikling fra 2 timer og frem.

Metoden er i den her beskrevne udformning beregnet på afprøvning af mursten med dansk normalformat, 228 x 108 x 54 mm. To sten mures sammen over en længde på $l = 135$ mm. Sammenmuringen kan ske i en murelære, så man sikrer de rette mål (1). Efter sammenmuringen sættes en skruetvinge på stenene for at sikre mod overlast indtil prøvningstidspunktet. Prøvelegemet opbevares i den ønskede lagringstid i 65 - 85 % RF og ca. 20°C (2).

Inden afprøvningen etableres der ved hjælp af en skruetvinge et tværtryk over fugen, svarende til, at fugen er belastet med et overliggende murværk. Trykket aflæses via en lastcelle på et potentiometer. For et tværtryk på $\sigma = 0,1$ MPa, svarende til 5 m overliggende mur, skal tværtrykket være $0,1 \cdot 10^6 \cdot 0,108 \cdot 0,135 = 1458$ N. (3)

Prøvelegemet anbringes i en prøvemaskine oven på en stålkugle og en rulle. Det belastes via et åg. Der placeres stålkugler under åget oven på stenene (4).

Påføres kraften i en deformationsstyret prøvemaskine kan der optegnes en sammenhæng mellem stemplets vandring og kraften (5). På DTU er der kørt med 1 mm/min til en deformation på 5 mm. Den forholdsvis store nedtrykning giver et indtryk af fugens plasticitet efter brud.

På BYG er prøvningen foretaget i en Instron 10 kN prøvemaskine. Til brug i industrien er der blevet fremstillet en transportabel prøvemaskine (6).

SBI har vist, at metoden er enklere at anvende, end den EN-normerede 3-stensprøvning (EN 1052-3), og at den giver mindre spredning end denne.

Behandling af prøveresultatet

Brudlasten, P [N], aflæses på kurven eller på display. Dette tal kan bruges direkte til sammenligningsformål.

Skal resultatet anvendes i en styrkeberegning omregnes brudlasten til spænding [MPa]. Den maksimale forskydningspænding, vridningsstyrken, τ [MPa] fås af følgende formel

$$\tau = 2 M_v / (b^2(a - b/3)) = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot P \cdot l / (b^2(a - b/3)) = P \cdot l / (b^2(a - b/3))$$

hvor l er momentarmen (0,173 m), b er murstensens bredde (0,108 m), og a er fugens længde (0,135 m). - Arbejder man meget nøjagtigt indsættes opmålte værdier for a og b i formlen. Indsættes de angivne standardværdier fås

$$\tau = P \cdot 149,8 \cdot 10^{-6} \text{ [MPa]}$$

Denne forskydningspænding skal formindskes med indflydelsen fra den påførte normalspænding, σ . Sættes den såkaldte friktionsvinkel, φ , til 30°, fås

$$\Delta \tau = \sigma \cdot \tan \varphi = \sigma \cdot 0,577 \text{ [MPa]}$$

Den korrigerede maksimale forskydningspænding kaldes *kohæsionen*, c . For mursten med normalformat bliver kohæsionen således

$$c = \tau - \Delta \tau = P \cdot 149,8 \cdot 10^{-6} - \sigma \cdot 0,577 \text{ [MPa]}$$

Eksempel. Med $P = 1021$ N (figur 5) og $\sigma = 0,1$ MPa fås

$$\tau = 1021 \cdot 149,8 \cdot 10^{-6} - 0,1 \cdot 0,577 = 0,095 \text{ MPa}$$

September 2010

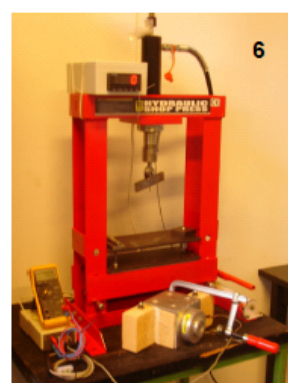
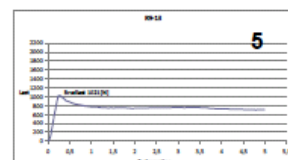
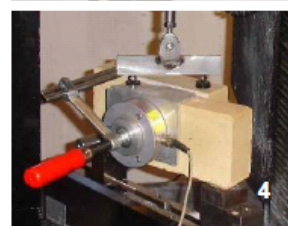
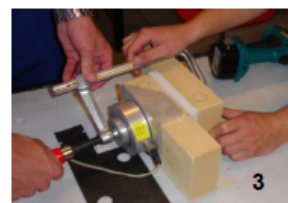
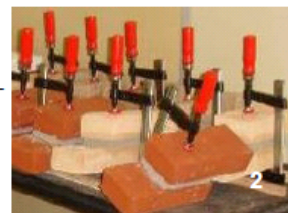
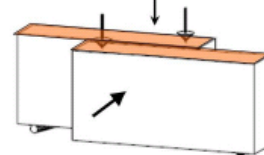
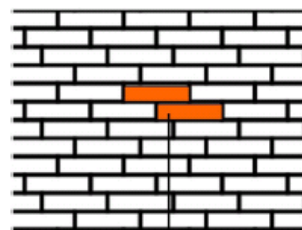
Anders Nielsen

DTU Byg

Institut for Byggeri og Anlæg

Litteratur

Klavs Feilberg Hansen: Murværk opmuret med vådmørtler. SBI Demonstrationsprojekt 2006:13.
Hansen, K. F. and C. M. Pedersen (2007). Torsion testing of bed joints. Masonry International, 21(1).
K.F.Hansen, E.S. Petersen: Shear and Torsion Testing of Brick-mortar Joints. Masonry Int. To appear.



VEND >>>

Prøvning af ren kalkmørtel med vridemetoden

Vridningsmetoden er velegnet til at undersøge rene kalkmørtlers styrkeegenskaber, fordi indflydelsen af stenenes vandopsugningsevne på fugens styrke kan måles. På BYG DTU er der blevet arbejdet med denne metode brugt på rene kalkmørtler siden 2008 [1, 2, 3, 4]. Nedenfor vises nogle af resultaterne.

Sammenligning med KC 50/50/750

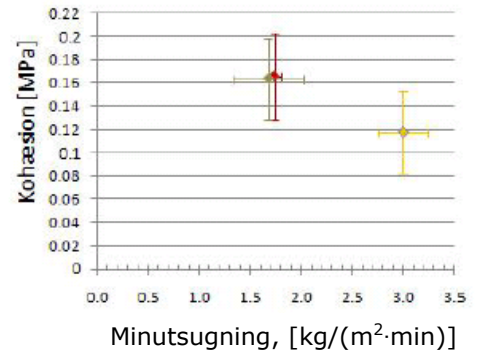
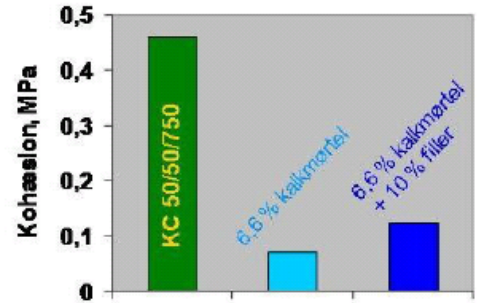
Der er anvendt gule sten fra Prøvelyst teglværk. KC-mørtlen er en 6,6 % kalkmørtel fra Wewers mørtelværk A/S tilsat Mestercement. Prøvelegemerne stammer fra SBI's forsøg (*Feilberg Hansen og Petersen*).- Kalkmørtlerne til BYG's prøvelegemer er også leveret af Wewers [1]. Ren 6,6 % blev sammenlignet med en mørtel, som fik tilsat 10 % kvartsmel som filler. Denne tilsætning bevirkede en væsentlig forbedring af kohæsionen i forhold til den rene kalkmørtel. Der er således opnået en **kornkurveforbedring**.

Minutsugningens betydning

Det er kendt fra andre forsøg, at murstenenes minutsugning har væsentlig indflydelse på murværkets styrke. Det er blevet bekræftet ved BYG's forsøg [3, 4]. Der er blevet udført forsøg med tre typer mursten fra firmaet Wienerberger A/S.

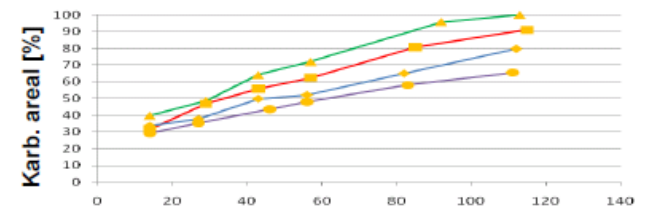
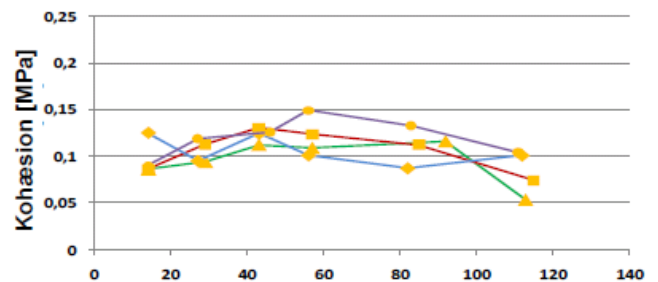
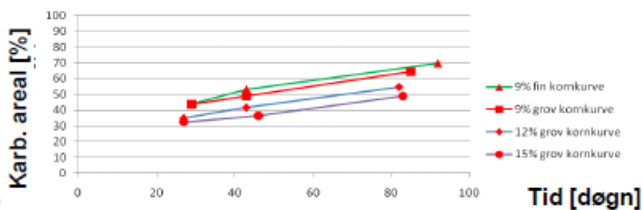
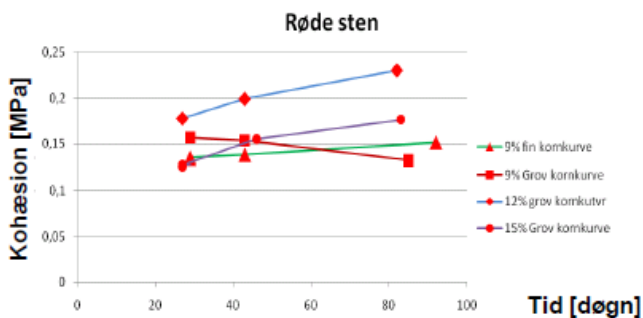
Gule, Prøvelyst	M = 3,00 kg/(m ² · min)
Røde, Sønderskov,	M = 1,68 kg/(m ² · min)
Mokka, Petersminde	M = 1,74 kg/(m ² · min)

Hvert punkt i hosstående diagram er gennemsnit af 18 resultater. Det ses, at kohæsionen stige markant med aftagende minutsugning.



Tidsforløbet

Der er blevet udført forsøg, der belyser hvorledes rene kalkmørtlers styrke udvikles med tiden [2, 3, 4]. Forsøgene er udført med ovennævnte sten kombineret med 9, 12 og 15 % kalkmørtler fra Skandinavisk Jura-kalk. Nogle repræsentative resultater ses i graferne nedenfor. Karbonatiseringen er også blevet målt. Det er bemærkelsesværdigt, at styrken er udviklet længe før mørtlen er karbonatiseret. Det skyldes kapillarsugning, som stadig virker, også efter at fuger og sten er kommet i fugtlige vægt med omgivelserne. I det adsorbere vand mellem partiklerne i mørtlen hersker et hydraulisk undertryk, som binder massen sammen. Det er vist i [4], at væksten i forskydningsstyrke i de første ugers udtørring hænger sammen med vandindholdet. Nedgangen i styrke for de gule sten kan hænge sammen med, at brudformen, som tiden går, skifter fra mørtelbrud til kontaktfladebrud.



Litteratur

- [1] A. Kastberg, J. Fogh, L. Juhl: Luftkalkmørtelproportionering. Rapport fra laboratorieteknikkursus, BYG • DTU Efterår 2008.
- [2] J. Fogh, L. Juhl: Videregående luftkalkmørtelproportionering, BYG • DTU Forår 2009.
- [3] Line Bundgaard Mathiassen: Forskydningsstyrke af fuger af ren kalkmørtel. Bachelorprojekt, BYG • DTU Forår 2010.
- [4] J. Thiesson, M. Bruun-Ringgaard: Analyse af hærdningsforløbet af fuger af luftkalkmørtel. BYG • DTU Forår 2010.

Forfatteren
Anders Nielsen, Civilingeniør, tekn dr
Hjortekærbacken 7, DK-2800 Lyngby
Telefon +45 4588 4027
kioqan@webspeed.dk

Har undervist i bygningsmaterialer på BYG • DTU