



## HELLIGSØ TEGLSKALLER AFTRÆKSTEST

### Indledning

Teknologisk Institut, Murværk yder rådgivning og prøvningsydelser for **Helligsø Teglværk**, Hurup, i forbindelse med projektet "Mureskaller til energirenovering" under Innobooster-ordningen.

Denne rapport omhandler aftræksprøvning af skaller som beskrevet i bilag 1 i notatet "Helligsø Teglskaller" dateret 1. marts 2016. Aftræksprøvningen blev foretaget i perioden 01-06-2016 til 29-06-2016.

### Modtagne prøver

#### Skaller:

*Tabel 1. Oversigt over skaltyper*

Nr.	Beskrivelse	Modtaget stk.
A	Blødstrøgne skaller fra Helligsø (der udvælges de mest plane/rette fra produktion 3)	64
B	Skårne skaller af hele sten af samme type, Helligsø, samme tykkelse og format	30
C	Rillet skal fra Gråsten, leveres af Peter Matzen	15
D	Skåret skal fra Gråsten, leveres af P.M.	17
E	Samme som ovenstående, men vendt på den ru side	

#### Underlag:

PIR isolering fra Briiso.

#### Lim:

Der blev fremstillet prøveemner med to slags lim:

1. Brisolim af typen KMK-Keramik klæbemørtel WDV3.
2. LIP Multi fliseklæb

Limene blev påført PIR-isoleringen med en 3mm tandspartel og derefter blev skallerne trykket ned på limen. I bilag 1 ses fotos af limningsprocessen.

### Oversigt over prøvning af skallerne

*Tabel 2. Oversigt og serier, skaltyper, limtyper, påføringsmetode og antal prøveemner.*

Serier	Skal type	Limtype	Påføring	Antal
1, 2, 3, 4	A, C, D, E	Briiso Lim	Tandspartel	4 x 5
5, 6	A, B	LIP Multiklæb	Tandspartel	2 x 5

#### Kommentarer:

Der blev udført 5 aftræk i hver serie. Ud fra testserie 2, 3 og 4 sammenlignes betydning af skåret tegl, blødstrøget tegl og riller. Ud fra testserie 1 og 4 sammenlignes ru skaller fra Helligsø og Gråsten. Testserie 1 og 5 bruges til sammenligning af limtyper.

### Minutsug

Minutsuget for skallerne blev bestemt i tidligere rapport "687033 rapport teglskaller egenskaber 2016-05-23".

Tabel 3. Minutsug.

Minutsug [kg/m <sup>2</sup> ], test af 6 skaller i hver serie					
Skaltype	A	B	C	D	E
Middel	2,0	2,2	2,4	2,9	2,6
Spredning	0,14	0,06	0,06	0,13	0,15

### Resultater

Alle enkeltresultater ses i bilag 1. Forneden er middelværdierne for resultaterne angivet.

Tabel 4. Resultater for aftræksstyrken. Middelværdi af 5 aftrækstest i hver serie.

Serie	Skaltype	Producent	Overflade	Lim	Aftræksstyrke middelværdi [MPa]
1	A	Helligsø	Ru	Briiso Lim	0,14
2	C	Gråsten	Rillet	Briiso Lim	0,14
3	D	Gråsten	Skåret	Briiso Lim	0,14
4	E	Gråsten	Ru	Briiso Lim	0,16
5	A	Helligsø	Ru	Multiklæb	0,17
6	B	Helligsø	Skåret	Multiklæb	0,16

#### Kommentarer:

Indledningsvis blev aftrækstesten udført hvor der blev limet aluminiumsklodser på en hel skal med en 2-komponent epoxy lim. Det viste sig at der ikke var nok styrke i limen, med den mængde epoxy der var anvendt, til at trække skallerne af. Det blev besluttet at teste på mindre arealer af skallerne, og samtidig fuldlime hele overfladen imellem aftræksklods og skal. I bilag 1 ses fotos af aftrækstestene.

For samtlige tests indtraf bruddet i selve PIR isoleringen og ikke i skillefladen teglim eller lim-isolering. Brudformen i isoleringen kan beskrives som en omvendt pyramide, se evt. foto 5 i bilag 1.

### Vurdering og fremtidigt arbejde

Prøvning af skallernes aftræksstyrke giver anledning til følgende vurderinger:

Overordnet set konstateres at det er isoleringen som er afgørende for den endelige aftræksstyrke. De forskellige variationer af skallernes overflade og limtyper ændrer ikke på, at bruddet sker i isoleringen. Det kan derfor forventes, at den variation på

middelværdierne, som der ses i tabel 4, højst sandsynligt skyldes den naturlige variation af styrken for isoleringen.

Ved sammenligning af serierne kan følgende konstateres, med forbehold for ovenstående:

- Sammenligningen af resultaterne for serie 2, 3 og 4 viser at der ingen forskel var på aftræksstyrken ift. overfladen, hvis skallerne var rillet eller skåret. Derimod ses en lille forskel på aftræksstyrken for serie 3, hvor skallerne var ru.
- Der ses en relativ lille forskel på 0,02 MPa for serie 1 og 4.
- Der ses en relativ lille forskel på 0,03 MPa for serie 1 og 5.
- Minutsugets indvirkning på aftræksstyrken kan ikke ses af resultaterne.

Minutsuget for samtlige skaller ligger i intervallet 2-3 kg/m<sup>2</sup>, det vil sige middel sugende. Vedhæftningsstyrken imellem sten og lim er højere end PIR-isoleringens aftræksstyrke. Der gøres opmærksom på, at sten med meget lave eller høje minutsug kan forårsage en ringere vedhæftningsstyrke imellem sten og lim.

### Forslag til fremtidigt arbejde

Det foreslås at beregne vindlast på enkeltsten og vurdering af anvendelighed ift. terrænkategori og bygningshøjde, med aktuelle aftræksstyrker. Herefter vurderes behovet for at undersøge f.eks.:

- Robusthedstest: Forsinket limning, ekstreme minutsug
- Klimapåvirkning: Frosttest.

Aarhus, den 12. juli 2016  
Teknologisk Institut, Murværk

Abelone Køster

Mobil +45 72203816  
aek@teknologisk.dk

Arash Ehtesham

Mobil +45 72201481  
areh@teknologisk.dk

## Fotos



Foto 1. Påført lim med tandspartel 3mm.



Foto 2. Påføring af murskal



Foto 3. Aftrækstest med aluminiumsklodser.



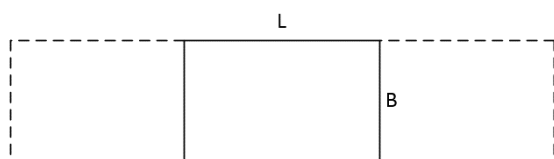
Foto 4. Aftrækstest af mindre areal med med runde ståklodser.





Foto 5. Brudform af PIR-isolering efter aftrækstest.

### Aftræksprøvning – enkeltresultater



H = tykkelse

Figur 1. Angivelse af længde og bredde målt på prøveemnet som blev trukket.

Tabel 5. Enkeltresultater for serie 1.

Sten nr.	Brudlast	Længde	Bredde	Højde	Styrke af isolering
-	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]
A13	409,85	61,68	56,10	25,20	0,12
A14	471,20	62,61	56,15	26,63	0,13
A15	513,65	62,89	56,32	26,99	0,15
A16	483,00	62,03	56,48	26,02	0,14
A17	521,65	62,88	56,40	25,37	0,15
<b>Middel</b>	479,87	62,42	56,29	26,04	0,14

Tabel 6. Enkeltresultater for serie 2.

Sten nr. -	Brudlast [N]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Højde [mm]	Styrke af isolering [MPa]
C2	409,35	61,39	54,31	23,42	0,12
C3	524,85	62,04	53,52	23,97	0,16
C4	375,50	61,95	54,05	23,51	0,11
C5	477,20	61,78	53,62	24,11	0,14
C6	467,65	61,80	54,04	24,30	0,14
<b>Middel</b>	450,91	61,79	53,91	23,86	0,14

Tabel 7. Enkeltresultater for serie 3.

Sten nr. -	Brudlast [N]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Højde [mm]	Styrke af isolering [MPa]
D1	409,35	61,39	54,31	23,42	0,12
D2	524,85	62,04	53,52	23,97	0,16
D3	375,50	61,95	54,05	23,51	0,11
D4	477,20	61,78	53,62	24,11	0,14
D5	467,65	61,80	54,04	24,30	0,14
<b>Middel</b>	450,91	61,79	53,91	23,86	0,14

Tabel 8. Enkeltresultater for serie 4.

Sten nr. -	Brudlast [N]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Højde [mm]	Styrke af isolering [MPa]
E9	483,65	61,95	53,44	29,82	0,15
E10	576,45	62,49	54,35	29,85	0,17
E11	536,90	61,92	54,54	29,09	0,16
E12	576,20	62,11	53,29	29,52	0,17
E13	513,25	61,69	54,91	29,02	0,15
<b>Middel</b>	537,29	62,03	54,11	29,46	0,16

Tabel 9. Enkeltresultater for serie 5.

Sten nr. -	Brudlast [N]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Højde [mm]	Styrke af isolering [MPa]
A18	627,85	61,88	55,81	25,95	0,18
A19	605,55	62,25	56,60	25,12	0,17
A20	680,65	61,49	56,24	25,57	0,20
A21	533,85	60,72	56,26	25,73	0,16
A22	508,25	62,10	56,88	25,79	0,14
<b>Middel</b>	591,23	61,69	56,36	25,63	0,17

Table 10. Single results for series 6.

Sten nr. -	Brudlast [N]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Højde [mm]	Styrke af isolering [MPa]
B14	578,30	61,48	53,18	26,56	0,18
B17	538,35	61,46	53,15	26,72	0,16
B18	538,45	62,82	53,49	26,91	0,16
B19	390,35	62,30	53,09	25,90	0,12
B20	549,10	61,46	53,11	26,93	0,17
<b>Middel</b>	518,91	61,90	53,20	26,60	0,16