

BERETNING FRA UDVALGET TIL
FORSØG OVER MURVÆRKS STYRKE OG ELASTICITETSFORHOLD
VED

B. J. RAMBØLL OLE GLARBO K. MANNICHE

Dr. C. Thomsen, Dr. C. Thomsen
med venlig hilsen
O. J. Jørgensen

AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER
BERETNING NR. 14

MURVÆRKSFORSLØG

*Murværk af flamsten,
lette sten og flamsten med lette sten i bagmur
centralt og excentrisk belastet*

KØBENHAVN 1953

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Forord | 7 |
| Oversigt over forsøget og hovedresultater | 9 |
| Forsøgenes udførelse og resultater | 12 |
| Diskussion af resultaterne | 34 |
| Formel for murværksstyrkens afhængighed af stenstyrken og mortelstyrken..... | 34 |
| Murværksstyrken og 3-stensstyrken..... | 36 |
| Murstyrke contra pillestyrke..... | 38 |
| Brudbelastning for murværk med excentrisk påvirkning..... | 39 |
| Murværk med svage sten i bagmur..... | 42 |
| Forbandtets indflydelse..... | 47 |
| Alderens indflydelse | 48 |
| Muringens udførelse..... | 48 |
| Deformationsforhold | 49 |
| Appendix..... | 54 |
| English Summary..... | 63 |

Forord

Forårsaget af den voksende anvendelse af særlig varmeisolerende og derfor svage sten i ydervægges inderside og de problemer, som lastoverføringen fra dækkene til indersiden af sådanne vægge rejser, nedsatte Akademiet for de tekniske Videnskaber i 1946 på professor *E. Suensons* initiativ et udvalg til at undersøge nogle af de problemer, der rejser sig i forbindelse med excentrisk belastet murværk af såvel samme som forskellige slags sten i yder- og inderside.

Udvalget fik professor Suenson til formand, og denne udarbejdede et detaljeret forsøgsprogram omfattende 3 forsøgsrækker. I henhold til dette program skulle prøvelegemerne lagres 17 uger før prøvningen. Efter vedtagelse i udvalget af hele forsøgsprogrammet blev 3. forsøgsrække igangsat, men da professor Suenson i 1948 tog sin afsked fra Danmarks tekniske Højskole, trådte han samtidigt ud af udvalget, og 3. forsøgsrække blev derefter med udvalgets godkendelse taget ud af programmet og betragtet som et selvstændigt laboratoriarbejde udført på Laboratoriet for Byggeteknik. En beretning om disse forsøg er udgivet af Akademiet for de tekniske Videnskaber og Dansk Ingeniørforening i Ingeniørvidenskabelige Skrifter, nr. 1, 1951.

Ved professor Suensons udtræden trådte dr. techn. *B. J. Rambøll* ind som dennes afløser i udvalget, som nu har følgende sammensætning:

Direktør *H. W. Boserup*, suppleant kontorchef *Georg Hansen*, for Kalk- og Teglværksforeningen af 1893,

Arkitekt *Th. Dreyer*, suppleant arkitekt *Paul Marstrand*, for Dansk Arkitektforening,

Murermester *R. P. Geertsen*, for Centralforeningen af Murermestre i Danmark,

Direktør, civiling. *A. Gram*, suppleant fuldmægtig *Joh. Aa. Næsted*, for Skarrehege Molerværk A/S,

Stadsarkitekt *Poul Götzsche*, suppleant civiling. *Sv. Gansted*, for Gentofte kommunes bygningsvæsen,

Civiling. *Uffe Juul Holst*, for Frederiksberg kommune,

Oldermand *Ernst Jensen*, for Københavns Mur- og Stenhuggerlaug,

Civiling. *G. K. Jensen*, for Lemvigh-Müller & Munck A/S,

Civiling. *P. Kerrn-Jespersen*, for Dansk Ingeniørforening,

Arkitekt *P. Kjærgaard*, suppleant arkitekt *Mogens Voltelen*, for Akademisk Arkitektforening,

Direktør *Ove Larsen*, for Statens bygningsdirektorat,

Dr. techn. *E. V. Meyer*, suppleant civiling. *Viggo Sthyr*, for Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor,

Civiling. *Niels M. Plum*, for Statens Byggeforskningsinstitut,
 Dr. techn. *B. J. Rambøll* (formand), for Akademiet for de tekniske Videnskaber,
 Direktør, civiling. *C. F. Spangenberg*, for Kastrup Kalkværk,
 Afdelingsingeniør *A. Taumose*, for Københavns kommune, magistratens
 4. afdeling,
 Direktør *Einar Vigholt*, for Dansk Gasbeton A/S.

Følgende institutioner og firmaer, der var repræsenteret i udvalget, indskød i alt 15 500 kr.:

Centralforeningen af Murermestre i Danmark
 A/S Dansk Cementcentral
 Dansk Gasbeton A/S
 Frederiksberg Kommune
 Gentofte Kommune
 Kalk- og Teglværksforeningen af 1893
 Københavns Kommune, magistratens 4. afd.
 Københavns Murer- og Stenhuggerlaug
 Lemvigh-Müller & Munck A/S
 Statens Byggeforskningsinstitut.

Akademiet for de tekniske Videnskaber bevilligede et lignende beløb. I alt stod således 31 000 kr. til disposition. Materialerne leveredes af følgende firmaer:

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Dansk Gasbeton A/S | ca. 6 000 gasbetonsten |
| Kalk- og Teglværksforeningen af 1893 | » 30 000 flamsten |
| Lemvigh-Müller & Munck A/S | » 6 000 klinkerbetonsten (Leca) |
| Skarrehage Molerværk | » 10 000 molersten |

i alt ca. 52 000 sten.

Cement og mørtel leveredes af Dansk Cementcentral og af Kalk- og Teglværksforeningen af 1893.

I et møde i forretningsudvalget 21. 3. 1949 forelagde dr. Rambøll et nyt forsøgsprogram, som på en række punkter adskilte sig fra det første bl.a. ved at omfatte forsøg med 4 excentriciteter i stedet for 2 og ved at foreskrive 4 ugers lagring med vanding indtil 1 uge før prøvedagen i stedet for 17 ugers lagring med vanding i de første 6 uger. Disse forsøg blev udført i tiden fra april 1949 til marts 1950 på »Laboratoriet for Bygningsteknik«. Laboratoriets beretning herom er i det følgende gengivet i den form, hvori udvalget har modtaget den. Da kalkmørtel i en mur som bekendt kan være år om at hærde, er de fundne 4-ugers murværksstyrker mindre end de endelige og ikke umiddelbart anvendelige ved fastsættelse af de tilladelige spændinger.

Oversigt over forsøgene og hovedresultater

Af mursten er benyttet flamsten, mølersten, gasbetonsten og klinkerbetonsten. Af mørtler er anvendt alm. kalkmørtel, kalkcementmørtel og cementmørtel.

Der er udført forsøg med ialt 76 stk. $1\frac{1}{2}$ stens mure ($h = 260$ cm, $b = 85$ cm) og 84 stk. kvadratiske $1\frac{1}{2}$ stens piller ($h = 120$ cm); såvel mure som piller opmurede i både ensartede sten og med flamsten i den ene side og lette sten i den anden. De forskellige mørtler blev kombineret hermed.

$t = 35$ cm
 $b \times t = 35$ cm

Murværket blev belastet såvel centralt som excentrisk (med flere excentriciteter); brudbelastningen og deformationsforholdene ved en række lasttrin blev målt. I skemaform side 21 er der givet en oversigt over forsøgenes omfang.

Ved siden af prøvningen af pillerne og murene blev der foretaget en række forsøg med enkelte sten, med mørtlerne alene og endelig med prøvelegemer fremstillet af 3 hele sammenmurede sten.

Forsøgenes hovedresultater kan resumeres i følgende punkter:

1) De opnåede gennemsnitsstyrker i kg/cm^2 for murværk af ensartede sten efter 28 døgns hærdning blev:

| Sten \ Mørtler | Kalkmørtel | Kalkcementmørtel | Cementmørtel |
|----------------------------|------------|------------------|--------------|
| Flamsten | 22 | 46 | 86 |
| Mølersten | 15 | — | — |
| Gasbetonsten | 16 | 29 | — |
| Klinkerbetonsten | 15 | 25 | 46 |

2) På basis af de opnåede murværksstyrker σ_M^f , stenstyrker σ_s^f bestemt ved prøvning af 2 med cementmørtel sammenmurede halve sten og mørtelstyrker σ_m^f bestemt ved prøvning af 2 cm terninger er følgende empiriske formelsæt for murværksstyrkens afhængighed af sten- og mørtelstyrker opstillet (s 34):

$$\sigma_M^c = (0,8 + 0,1 \sigma_m^c) \sqrt{\sigma_s^c} \quad \text{for } \sigma_m^c \leq 18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_M^c = \sqrt[3]{\sigma_m^c} \sqrt{\sigma_s^c} \quad \text{for } \sigma_m^c > 18 \text{ kg/cm}^2. \quad 2.62$$

Formlens rigtighed er eftervist også på fremmede forsøgsresultater.

- 3) Der fandtes ikke nogen forbindelse mellem murværksstyrken og 3-stens styrken (prøvelegemer af 3 sammenmurede sten) alene, men følgende empiriske formel for murværksstyrkens afhængighed af sten- og mørtelstyrken og 3-stens styrken er opstillet (s. 37):

$$\sigma_M^c = \left(0,3 + 0,5 \sqrt{\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}} \right) \sigma_{3st}^c$$

Da koefficienten $\left(0,3 + 0,5 \sqrt{\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}} \right)$ kun er lidt følsom overfor variationer i $\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}$, vil en omtrentlig viden om σ_m^c og σ_s^c være tilstrækkelig for at kunne forudsige murværksstyrken på basis af 3-stensstyrken. Ved seriekontrol egner 3-stensprøvelegemerne sig også godt.

- 4) Forholdet mellem murstyrken af en $1\frac{1}{2}$ stens mur ($b = 3\frac{1}{2}$ sten, $h = 39$ skifter) og pillestyrken ($1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ sten, $h = 18$ skifter) er i gennemsnit fundet til 0,9 (s. 38).
- 5) Murværksstyrken for mure af flamsten som facadesten med lette sten i bagmur fandtes i almindelighed at være af samme størrelse som murværksstyrken for mure af udelukkende lette sten. (Se figurerne s. 42 og 43).
- 6) Til dimensionering af excentrisk belastet murværk er følgende formel opstillet (s. 40):

$$P = P_0 \left(1 - \frac{2 e_0 \beta}{t} \right)$$

$P \sim$ brudlasten (t)

$P_0 \sim$ brudlasten for central påvirkning (t)

$e_0 \sim$ excentriciteten (cm)

$t \sim$ tykkelsen (cm)

$\beta \sim$ en koefficient, der er afhængig af forholdet $\frac{h}{t}$ (h er murens højde)

og af de indgående materials styrke og elasticitetsforhold; for de i disse forsøg anvendte materialer og murdimensioner er følgende β -værdier fundet:

for flamsten i kalkmørtel $\infty \beta = 1,45$

for svage sten i kalkmørtel $\infty \beta = 1,25$

for alle sten i stærkere mørtler $\infty \beta = 1,10$.

Formlerne gælder for murværk af såvel ensartede sten som af flamsten med lette sten i bagmur.

- 7) Bestemmelsen af elasticitetsmodulen E for murværk er behæftet med temmelig stor usikkerhed. I middel er for murværk af ensartede sten efter 28 døgns hærkning for området: ubelastet — tilladelig påvirkning, fundet følgende E -værdier i kg/cm^2 (s. 51):

| Sten \ Mørtel | Mørtel | | |
|---------------------|--------|-------|-------|
| | KM | KCM | CM |
| Flamsten | 4000 | 60000 | 70000 |
| Mølersten | 4000 | — | — |
| Gasbetonsten . . . | 6000 | 20000 | — |
| Klinkerbetonsten | 4000 | 20000 | 60000 |

Der er ved disse forsøg ikke fundet nogen sammenhæng mellem stenenes styrke og elasticitetstal. (S. 52).

- 8) Murværksstyrken er ved disse forsøg (2 mure, 174 trestensprøvelegemer) steget meget langsomt med alderen. Elasticitetstallet er steget væsentlig hurtigere. (S. 48).
- 9) Mangelfuld fyldning af stødfugerne er ved disse forsøg fundet at være uden væsentlig indflydelse på styrken. (S. 49).
- 10) Forbandtets art er ved disse forsøg fundet uden væsentlig indflydelse på styrken. (S. 47).

Forsøgenes udførelse og resultater.

I. Oversigt

Først skal omtales en række undersøgelser af stenenes og mørtlernes egenskaber. Undersøgelserne falder i 2 grupper: dels undersøgelser, der knytter sig til stenenes egenskaber i almindelighed og dels undersøgelser af de sten og den mørtel, der blev brugt til hvert enkelt primært prøvelegeme.

Dernæst gennemgås forsøgene med de primære prøvelegemer, der var:

- 1) 1,2 m høje piller.
- 2) 2,6 m høje mure.

II. Forsøg med sten og mørtler

A. Stenprøver

Stensorter.

I den foreliggende forsøgsrække blev der anvendt fire forskellige slags sten: flamsten, molersten, klinkerbetonsten og damphærdede gasbetonsten. Af flamsten modtog laboratoriet 2 leverancer; i det følgende benævnt flamsten I og flamsten II. Flamsten I blev anvendt til det homogene murværk, og flamsten II blev anvendt til det blandede murværk.

Dimensioner og rumvægt.

Stenenes dimensioner og rumvægt blev bestemt ved opmåling med skydelære og vejning på en viservægt. For hver stensort undersøgtes 10 prøver; resultatet fremgår af tabel I.

TABEL I.
Stenenes dimensioner og rumvægt.

| Stensort | Antal prøver | h i cm | | | b i cm | | | l i cm | | | γ i g/cm ³ | | |
|----------------------|--------------|--------|------------|----------------------|--------|--------------|----------------------|--------|--------------|----------------------|------------------------------|--------------|----------------------|
| | | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ |
| Flamsten I. | 10 | 5,32 | 5,4 5,1 | 1,8 | 11,04 | 11,2 10,6 | 1,5 | 23,03 | 23,2 22,5 | 1,1 | 1,61 | 1,67 1,56 | 2,5 |
| Flamsten II | » | 5,36 | 5,5 5,2 | 1,7 | 11,09 | 11,2 11,0 | 0,5 | 23,06 | 23,2 23,0 | 0,4 | 1,59 | 1,63 1,53 | 2,4 |
| Molersten . | » | 5,49 | 5,6 5,4 | 0,9 | 10,89 | 11,0 10,8 | 0,7 | 22,86 | 23,0 22,7 | 0,4 | 0,80 | 0,87 0,75 | 3,9 |
| Gasbetonsten | » | 5,58 | 5,7 5,4 | 1,7 | 11,03 | 11,1 11,0 | 0,5 | 23,14 | 23,2 23,0 | 0,4 | 0,71 | 0,72 0,69 | 1,2 |
| Klinkerbetonsten . . | » | 5,46 | 5,6 5,4 | 1,5 | 11,16 | 11,3 10,9 | 1,2 | 23,21 | 23,4 23,1 | 0,5 | 0,76 | 0,80 0,73 | 2,3 |

1) Afv. % angiver den enkelte stens middelfvigelse i % af middeltallet.

TABEL II.
Stenenes trykstyrke (halvstensprøvelegemer) og bøjningsstrækstyrke.

| Stensort | Trykstyrken i kg/cm ² | | | | Bøjningsstyrken i kg/cm ² | | | |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------|--------------------------------------|--------------------------|--|----------------------|
| | Antal prøver | σ_{middel} | σ_{max} σ_{min} | afv. % ¹⁾ | Antal prøver | σ_{middel} | σ_{max} σ_{min} | afv. % ¹⁾ |
| Flamsten I | 50 | 191 | 340 70 | 43 | 20 | 41 | 58 21 | 23 |
| Flamsten II | 50 | 297 | 374 194 | 14 | 20 | 46 | 58 31 | 17 |
| Molersten | 50 | 83 | 117 55 | 20 | 20 | 12 | 18 7 | 22 |
| Gasbetonsten | 50 | 63 | 76 41 | 13 | 20 | 15 | 18 11 | 14 |
| Klinkerbetonsten | 50 | 65 | 77 55 | 10 | 20 | 12 | 16 9 | 20 |

1) afv. % angiver den enkelte stens middelfvigelse i % af middeltallet.

Halvstensprøvelegemer.

Halvstensprøvelegemer blev fremstillet ved sammenmuring med et ca. 3 mm tykt lag ren cementmørtel (1:0) af de 2 halvdele af en gennemsavet sten; afretning af prøvelegemerne foretoges med et tyndt lag cementmørtel (1:1).

»Terningerne« opbevaredes i laboratoriet, indtil de et par dage før prøvningen blev tørret i varmeskab ved 60°; alder ved prøvningen var ca. 28 døgn. Prøvningen foregik i Richters 60 t presse. For hver stensort undersøgtes 50 prøver. Resultatet fremgår af tabel II.

Bøjningsforsøg.

Bøjningsstyrken af de enkelte sten blev bestemt ved en bøjningsprøve i Amslers 5 t presse indstillet til 500 kg og 1000 kg maximumslast. Stenene, der var stuetørre ved prøvningen, blev lagt på fladen, påvirket af en enkeltkraft på midten, og spændvidden var 20 cm. For hver stensort blev 20 sten bøjeprovvet. Resultaterne fremgår af tabel II.



Fig. 1. Flamsten efter trykprøvning på højkant.
Common bricks after compression test applied edgewise.

Trykelasticitetsforsøg.

Stenene blev prøvet på højkant i Amslers 200 t presse indstillet til 20 t maksimumslast. Forud for forsøget var stenenes kopender blevet afrettet med et tyndt lag af gipsmørtel. Ved prøvningen var stenene laboratorietørre. Stenenes sammen-trykning blev målt ved hjælp af 2 Huggenberger tensometre med 2 eller 5 cm målelængde og forstørende ca. 1000 gange. Tensometrene var anbragt midt på stenenes smalle sideflader.

Trykforsøg med enkelte sten anbragt på fladen er ikke udført, da de friktionskræfter, der optræder mellem maskinens trykflader og et så lavt prøvelegeme, influerer for stærkt på sammentrykningens karakter. Man har derimod under prøvning af murværket målt deformationer af enkelte sten (se s. 49).

I nedenstående tabel III er anført værdier af elasticitetskoefficienten E for sten anbragt på højkant. Som det fremgår af tabellen, er variationen i E selv for samme stensort betydelig.

TABEL III.
Stenenes trykelasticitet — E og σ for sten på højkant.

| Stensort | Antal prøver | $E_k^1)$ i kg/cm^2 | | Spændings-interval kg/cm^2 | σ^e kg/cm^2 | |
|------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------|
| | | middel | max. min. | | middel | max. min. |
| Flamsten I. | 10 | 74000 | 127000 61800 | 17-66 | 163 | 311 91 |
| » II | 10 | 94400 | 121000 57000 | 17-67 | 139 | 158 100 |
| Molersten | 10 | 15700 | 19900 10900 | 7-36 | 53 | 72 39 |
| Gasbetonsten | 10 | 16200 | 20200 11500 | 7-26 | 39 | 42 32 |
| Klinkerbetonsten | 10 | 42900 | 47700 32700 | 8-42 | 53 | 60 42 |

1) E_k er kordehældningen mellem de i næste kolonne anførte spændinger.

3-stens prøvelegemer.

3-stens prøvelegemerne blev muret samtidigt med murværksprøvelegemerne og bestod af samme art sten og mørtel som murværket; opmuringen foregik på en jernplade. Afretningsslagene bestod af cementmørtel 1:1. Mellem pressens —

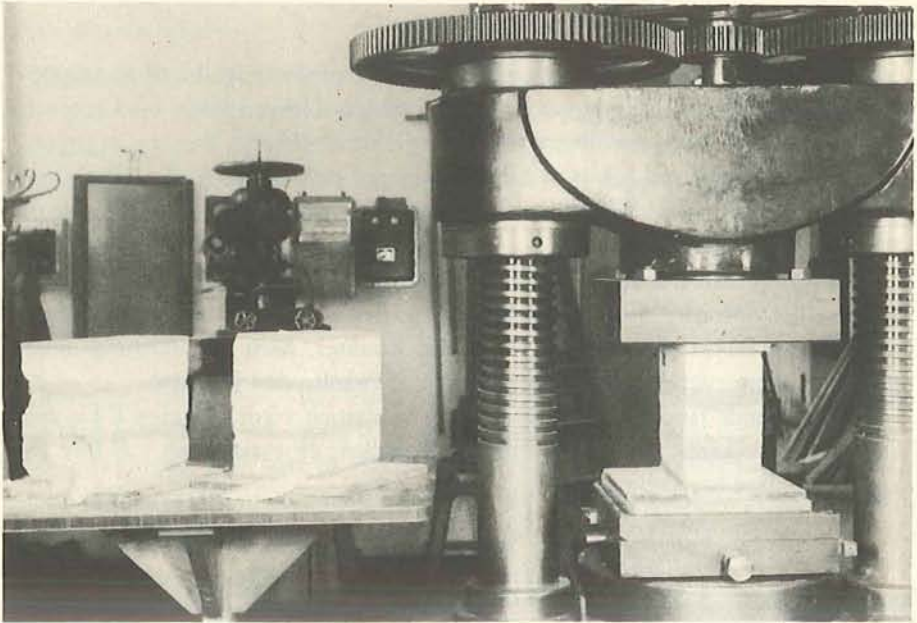


Fig. 2. 3-stens prøvelegemer i pressen og efter knusning.
3-brick test pieces in press and after breaking down.

Amslers 200 t presse indstillet til 20 t eller 50 t maksimumslast — trykplade og prøvelegemet var indskudt en danatexplade.

Ved homogen murværk blev der pr. »muredag« fremstillet 6 ens prøvelegemer, hvoraf 3 blev prøvet samtidigt med den eller de dertil svarende mur eller piller, og 3 blev prøvet i en alder af 3 måneder. Ved blandet murværk blev der opmuret 3 3-stensprøvelegemer med hver af de anvendte stensorter, og prøvningen fandt for alle 6 prøvelegemer sted samtidigt med den eller de tilsvarende mur eller piller. Prøvelegemerne blev lagret på samme måde som murværket indtil dettes prøvning; for 3-måneders prøvelegemernes vedkommende opbevarede disse i de sidste 2 måneder i et lagerrum.

Resultaterne fremgår af tabel IV; desuden fremgår de enkelte resultater af bilag 1-4.

Opsugningsevne.

Stenene blev lagt med fladen i vandskorpen, og den opsugede mængde vand

TABEL IV.
Stenenes styrke bestemt ved 3-stensprøvelegemer.

| Stensort | Mørtel | 28 døgn | | | | 3 måneder | | | |
|------------------------|--------|--------------|---------------------------------|-----------|----------------------|--------------|---------------------------------|-----------|----------------------|
| | | Antal prøver | σ^e i kg/cm ² | | | Antal prøver | σ^e i kg/cm ² | | |
| | | | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ | | midd. | max. min. | afv. % ¹⁾ |
| Flamsten I. | K M | 45 | 60 | 83 39 | 10 | 45 | 61 | 76 39 | 8 |
| » II | K M | 54 | 57 | 73 40 | 10 | - | - | - | - |
| » I. | K C M | 30 | 92 | 154 68 | 14 | 30 | 109 | 144 79 | 14 |
| » II | K C M | 60 | 87 | 108 65 | 11 | - | - | - | - |
| » I. | C M | 30 | 140 | 189 95 | 10 | 30 | 150 | 194 86 | 14 |
| Molersten | K M | 63 | 30 | 43 21 | 9 | 30 | 36 | 46 30 | 8 |
| » | K C M | 30 | 42 | 51 28 | 9 | - | - | - | - |
| Gasbetonsten | K M | 21 | 28 | 33 24 | 6 | 3 | 34 | 35 33 | - |
| » | K C M | | | | | 15 | 44 | 45 43 | 3 |
| Klinkerbetonsten | K M | 18 | 30 | 35 25 | 6 | 3 | 36 | 37 35 | - |
| » | K C M | 30 | 42 | 53 34 | 7 | 15 | 48 | 51 43 | 8 |
| » | C M | 3 | 53 | 54 52 | - | 3 | 58 | 60 56 | - |

1) afv. % angiver middelfvigelsen for middeltallet af 3 sammenhørende prøvelegemer udregnet i % af middeltallet for samtlige ens prøvelegemer.

blev fundet ved vejning af de tørre sten samt vejning af stenene efter $\frac{1}{2}$, 1, 5 og 30 min. sugning. Resultaterne fremgår af tabel V.

Prøven er uegnet for klinkerbetonstenene, idet deres porer er så store, at vandet siler af stenene, når de løftes fra vandoverfladen. Klinkerbetonstenenes hårrørs-virkning er så ringe, at den ikke kan gøre sig gældende overfor mørtlens ditto;

TABEL V.
Stenenes opslugningsevne; opsuget vand i g pr. cm² sten i løbet af

| Stensort | Antal prøver | ½ min. | | 1 min. | | 5 min. | | 30 min. | |
|-----------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|---------|--------------|
| | | midd. | max. min. | midd. | max. min. | midd. | max. min. | midd. | max. min. |
| Flamsten I..... | 6 | 0,30 | 0,40 0,25 | 0,45 | 0,60 0,36 | 0,97 | 1,32 0,74 | 1,78 | 2,05 1,62 |
| » II..... | 6 | 0,24 | 0,27 0,22 | 0,37 | 0,43 0,31 | 0,79 | 0,96 0,62 | 1,71 | 1,89 1,40 |
| Molersten..... | 6 | 0,15 | 0,18 0,11 | 0,22 | 0,26 0,18 | 0,43 | 0,52 0,35 | 0,92 | 1,06 0,78 |
| Gasbetonsten..... | 6 | 0,10 | 0,11 0,08 | 0,14 | 0,16 0,11 | 0,23 | 0,25 0,19 | 0,41 | 0,50 0,35 |
| Klinkerbetonsten..... | 5 | 0,27 | 0,32 0,24 | 0,37 | 0,43 0,31 | 0,47 | 0,50 0,40 | 0,58 | 0,61 0,50 |

det viste sig da også, at kalkmørtler ved klinkerbetonstenene var mindre hærdnet end ved de øvrige sten.

B. Mørtelprøver

Sammensætning og konsistens.

Kalkmørtel: Der blev anvendt maskinblandet kalkmørtel med 7,5 % Ca(OH)₂ indhold; leveret af »Kjøbenhavns Mørtelværker A/S«. Indholdet af Ca(OH)₂ undersøgtes ved titrering; resultatet viste, at indholdet holdt 7,5 % med kun ringe afvigelse.

Cementmørtel: Det anvendte blandingsforhold var cement:sand = 1:3 efter vægt; cementen var alm. portland-cement og sandet alm. mørtelsand.

Bastardmørtel: Denne blev blandet ved hånden af maskinblandet kalkmørtel og maskinblandet cementmørtel. Blandingsforholdet bestemtes af at tørvægtsmængderne kalkmørtel: cementmørtel skulle være 2:1.

Vandindholdet i de forskellige mørtler bestemtes af mureren ud fra hensynet til passende arbejdskonsistens. Konsistensen eller flydeevnen blev bedømt ved en mørtelkeglestubs udflydning på laboratoriets lille rystebord hvis faldhøjde er 0,9 cm. Efter 12 fald i 12 sek. bestemtes forholdet mellem det udflydte og det oprindelige mørtellegemes diameter, og dette forhold — kaldt flydeevnen —

blev brugt som mål for konsistensen. Flydeevnen lå mellem 1,8 og 2,2, mindst ved de kun lidt sugende stenarter, gasbeton og især klinkerbeton, mest ved flamsten og molersten. Da prøvelegemernes dimensioner blev overholdt og stenarterne ikke havde samme højde, blev lejefugerne af forskellig tykkelse; tykke lejefuger kræver imidlertid stivere mørtel og derfor var flamstenenes mørtel — omend stadig den blødeste — stivere end betinget af stenenes sugsevne.

Den gennemsnitlige sammensætning af mørtlerne efter vægt var:

| | Sand | Ca(OH) ₂ | Cement | Vand |
|----------------------|------|---------------------|--------|--------|
| Kalkmørtel | 100 | 8,1 | — | ca. 28 |
| Kalkcementmørtel | 100 | 5,8 | 9,6 | » 28 |
| Cementmørtel . . | 100 | — | 33,3 | » 26 |

Mørtlernes rumvægt.

Før styrkeforsøgene blev mørtelprøvelegemerne vejret og målt for bestemmelse af deres rumvægt. Resultaterne fremgår af tabel VI.

TABEL VI.
Mørtlernes rumvægt i mørtelprøvelegemerne.

| Prøvelegemer | 2 · 2 · 12 cm stænger | | | | 7 cm terninger | | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | Antal prøver | γ i g/cm ³ | γ_{\max} γ_{\min} | afv. % ¹⁾ | Antal prøver | γ i g/cm ³ | γ_{\max} γ_{\min} | afv. % ¹⁾ |
| Mørtel | | | | | | | | |
| Kalkmørtel | 39 | 1,58 | 1,68 1,52 | 2,2 | 30 | 1,73 | 1,79 1,69 | 1,5 |
| Kalkcementmørtel | 35 | 1,69 | 1,79 1,60 | 2,6 | 28 | 1,65 | 1,73 1,57 | 2,5 |
| Cementmørtel | 8 | 2,02 | 2,15 1,89 | 3,6 | 11 | 1,90 | 1,98 1,83 | 2,8 |

¹⁾ afv. % angiver den enkelte prøves middelfvigelse i % af middeltallet.

Bøjningsstyrke.

Mørtlernes bøjningsstyrke blev bestemt ved forsøg med 2 · 2 · 12 cm stænger. Ved fremstillingen af prøvelegemerne anvendtes afsugning med 4 lag trækpapier på 2 langsider af stængerne for at komme så nær som muligt til »normale« forhold

for mørtler. Mørtelstængerne lagredes fritliggende ovenpå murene eller pillerne og blev prøvet samtidigt med disse. Der var 6 stænger pr. mur eller pille.

Prøvningen foregik i den første trediedel af forsøget i Schoppers 500 kg universalsmaskine indstillet til bøjning og 100 kg maximallast; for de sidste 2/3's vedkommende i Frühling-Michaelis' mørtelprøveapparat; spændvidden var i begge tilfælde 10 cm, og belastningen var en enkeltkraft på midten. Resultaterne fremgår af tabel VII.

TABEL VII.
Mørtlernes styrkeegenskaber.

| Mørtel | Styrke | | | | Bøjningsstyrke i kg/cm ² | | | | Trykstyrke (4 cm ²) i kg/cm ² | | | | Trykstyrke (50 cm ²) i kg/cm ² | | | |
|------------------------|--------------|------------|------------------------------------|-------------------------|--|-----------------|------------------------------------|-------------------------|---|-----------------|------------------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| | Antal prøver | σ_b | σ_{\max} σ_{\min} | afv. % ¹⁾ | Antal prøver | $\sigma_{c, 2}$ | σ_{\max} σ_{\min} | afv. % ¹⁾ | Antal prøver | $\sigma_{c, 7}$ | σ_{\max} σ_{\min} | afv. % ¹⁾ | | | | |
| Kalkmørtel | 246 | 7,3 | 15,2 2,3 | 24 | 492 | 9,3 | 17,9 3,8 | 25 | 96 | 5,4 | 8,4 2,9 | 21 | | | | |
| Kalkcementmørtel . . . | 228 | 11,8 | 27,5 3,8 | 23 | 456 | 30,0 | 60,0 8,6 | 32 | 69 | 10,9 | 21,1 3,6 | 32 | | | | |
| Cementmørtel | 66 | 51 | 68 36 | 11 | 132 | 203 | 336 115 | 18 | 30 | 130 | 185 90 | 16 | | | | |

¹⁾ afv. % angiver middelfvigelsen for middeltallet af n sammenhørende prøvelegemer udregnet i % af middeltallet for samtlige ens prøvelegemer. n er lig antallet af vedkommende prøve pr. mur eller pille — for bøjningsstyrken $n = 6$, for trykstyrken (4 cm²) $n = 12$ og for trykstyrken (50 cm²) $n = 3$.

Trykstyrke, 2 cm terninger.

Brudstykkerne fra bøjningsforsøgene blev anvendt til en bestemmelse af trykstyrken, idet de blev belastede gennem 2 kvadratiske stålplader med 2 cm sidelinie; trykprøvningen foregik dels i Amslers 5 t presse indstillet til 1000 kg maximumslast (cementmørtel) og dels i Schoppers 500 kg universalsmaskine indstillet til tryk og 100 kg eller 250 kg maximallast. Resultaterne fremgår af tabel VII, bilag III.

Trykstyrke, 7 cm terninger.

For hver mur eller pille blev der støbt 3 7 · 7 · 7 cm mørtelterninger. Kalkcementmørtel og cementmørtel blev udstøbt med baljekonsistens; kalkmørtel blev støbt i jordfugtig tilstand og komprimeret med 150 slag i Böhme's hammerapparat, idet en god afformning ellers var meget vanskelig.

Terningerne blev lagret frit ovenpå murene og prøvedes samtidigt med disse. Prøvningen foregik i Amslers 5 t presse og Schoppers universalmaskine indstillet til tryk. Resultaterne fremgår af tabel VII.

For alle de 3 nævnte styrkeprøver gælder det, at de for kalkmørtels vedkommende gav en temmelig stor spredning i resultaterne.

III. Forsøg med piller og mure

Øversigt

| Sten- sort | Mørtel Dimension $\frac{e}{k}$ | KM | | | | KCM | | | | CM | | | | Ialt | |
|---------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|---|----------------|-----|---------------|---|----------------|----|---------------|---|----------------|------|-------------|
| | | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | Mure | Pil- ler |
| F | Mure | 6 ¹⁾ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 28 | |
| | Piller | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 24 |
| M | Mure | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | |
| | Piller | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | | 8 |
| K | Mure | - | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | |
| | Piller | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | | 12 |
| G | Mure | - | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | |
| | Piller | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | | 8 |
| F+M | Mure | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - | - | - | 16 | |
| | Piller | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - | - | - | | 16 |
| F+K | Mure | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | |
| | Piller | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | | 8 |
| F+G | Mure | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | |
| | Piller | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | | 8 |
| Ialt | Mure | 36 | | | | 32 | | | | 8 | | | | 76 | |
| | Piller | 40 | | | | 32 | | | | 12 | | | | | 84 |

- 1) 2 mure med omhyggelig muring og prøvealder 28 døgn
 2 mure med akkordmuring og prøvealder 28 døgn
 2 mure med omhyggelig muring og prøvealder 90 døgn.

Bogstavsbetegnelser og andre forklaringer:

F ∞ flamsten, M ∞ molersten, K ∞ klinkerbetonsten, G ∞ gasbetonsten,
 KM ∞ kalkmørtel, KCM ∞ kalkcementmørtel og CM ∞ cementmørtel.

Mure ∅: 2,6 m høje (39 skifter), $1\frac{1}{2}$ sten tykke og 85 cm bredde. Forbandt, se fig. 3.

Piller ∅: 1,2 m høje (18 skifter), $1\frac{1}{2}$ stens kvadratisk tværsnit. Forbandt, se fig. 4.

$\frac{e}{k}$ ∅: excentriciteterne divideret med kærneradius $k = \frac{1}{8}$ af tykkelsen.

k=1 ~ 1/8 k

Blokforbandt

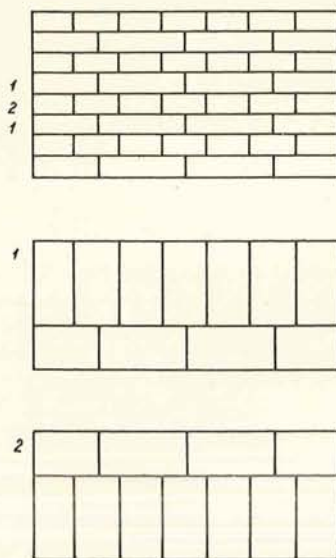


Fig. 3. Blokforbandt.
English bond.

Pilleforbandt

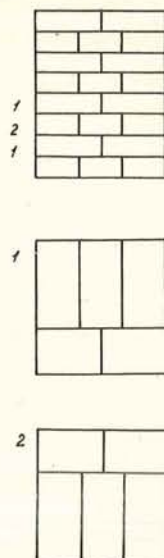


Fig. 4. Pilleforbandt.
Bonding of pier.

Pilleforsøgene

Pillernes fremstilling.

Opmuringen af pillerne blev udført som i god praksis; således blev alle stødfuger fyldt med mørtel, hvorimod det viste sig at ikke alle lejefuger altid var jævnet. Flamstenene blev dyppet i vand ved muring med bastard- og cementmørtel; ellers blev der muret med tørre sten.

Pillerne blev opmuret på en 2,5 cm tyk stålplade, hvorpå de forblev under prøvningen. Mellem 1. skifte og stålpladen anvendtes for alle piller et lag cementmørtel, ligesom øverste skifte altid blev dækket med et afretningslag af cementmørtel. Der blev opmuret 4 piller pr. dag.

Lagring.

Pillerne blev lagret indendørs, beskyttet mod direkte sol. For at fremskynde mørtlens hærkning blev murværket overbruset 2 gange ugentlig i de første 3

uger. Temperaturen og fugtigheden i lagringsrummet var nogenlunde konstant under hele forsøget.

Rumvægt og fugtighedsprocent.

Umiddelbart før prøvningen blev de fleste piller vejret og målt for bestemmelse af deres rumvægt. Lige efter prøvningen blev fugtighedsprocenten i såvel stenene som mørtlen bestemt ved udtørring af brudstykker i varmeskab (105°). Resultaterne fremgår af tabel VIII.

TABEL VIII.
Murværks rumvægt og vandindhold i sten og mørtler.

| Materiale | Rumvægt t/m ³ | | Vandindhold i rumfangspct. ¹⁾ | | Materiale | Rumvægt t/m ³ | | Vandindhold i rumfangsprocent ¹⁾ | | |
|-----------|-----------------------------|--------|---|--------|---------------------|-----------------------------|--------|--|----------------|--------|
| | Mure | Piller | Sten | Mørtel | | Mure | Piller | F- sten | Svage- sten | Mørtel |
| F+KM | 1,63 | 1,76 | 10 | 7 | F+KM (3 måneder) | 1,61 | — | 4 | — | 2 |
| F+KCM | 1,64 | 1,76 | 7 | 8 | | | | | | |
| F+CM | 1,68 | 1,76 | 5 | 8 | | | | | | |
| M+KM | 1,17 | 1,18 | 14 | 3 | F+M+KM | 1,46 | 1,52 | 5 | 19 | 4 |
| G+KM | — | — | — | — | F+M+KCM | 1,44 | 1,54 | 4 | 15 | 7 |
| G+KCM | 1,12 | 1,15 | 14 | 3 | F+G+KM | 1,38 | 1,48 | 3 | 20 | 3 |
| K+KM | — | 1,13 | 9 | 11 | F+G+KCM | 1,47 | 1,49 | 4 | 19 | 5 |
| K+KCM | 1,17 | 1,26 | 7 | 14 | F+K+KM | 1,42 | 1,47 | 9 | 6 | 6 |
| K+CM | — | 1,27 | 6 | 16 | F+K+KCM | 1,48 | 1,55 | 7 | 6 | 9 |

¹⁾ Middeltallet af prøver fra mure og piller.

Trykprøvningens udførelse.

Til prøvningen, der foregik 28 døgn efter opmuringen, anvendtes Amslers 1000 t hydrauliske presse indstillet til 100 t eller 200 t maximumslast. Opstillingen ses på fig. 5. Da friktionen i trykpladernes kugleskåle viste sig at være for stor, til at excentriciteten ad denne vej kunne sikres, blev der mellem trykpladerne og den trykfordelende betonblok anvendt det viste cylinderleje. Betonblokken var armeret med 3 I-jern.

Ved opstillingen fik pillerne et forhåndstryk på henimod 1 kg/cm², før måleurenes nulstilling aflæstes. Belastningen øgedes trinvis, og når et lasttrin var nået,

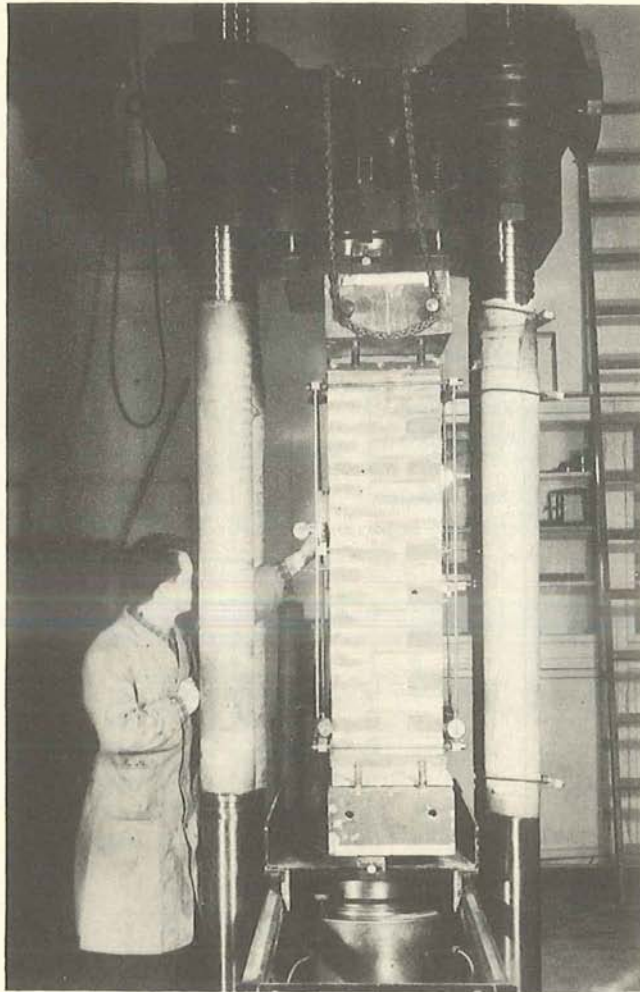


Fig. 5. Pille under forsøgets udførelse.
Pier during test.

holdtes lasten konstant, indtil måleurene kom i ro. Ved prøverne med kalkmørtel varede det dog ved de høje belastninger så længe, inden måleurene kom i ro, at princippet måtte fragås enkelte gange. Af hele forsøgets varighed, der såvidt muligt er holdt konstant, medgik ca. $1/4$ til at øge lasten fra trin til trin, ca. $1/4$ til at aflæse måleurene og ca. $1/2$ til at vente på, at måleurene kom i ro.

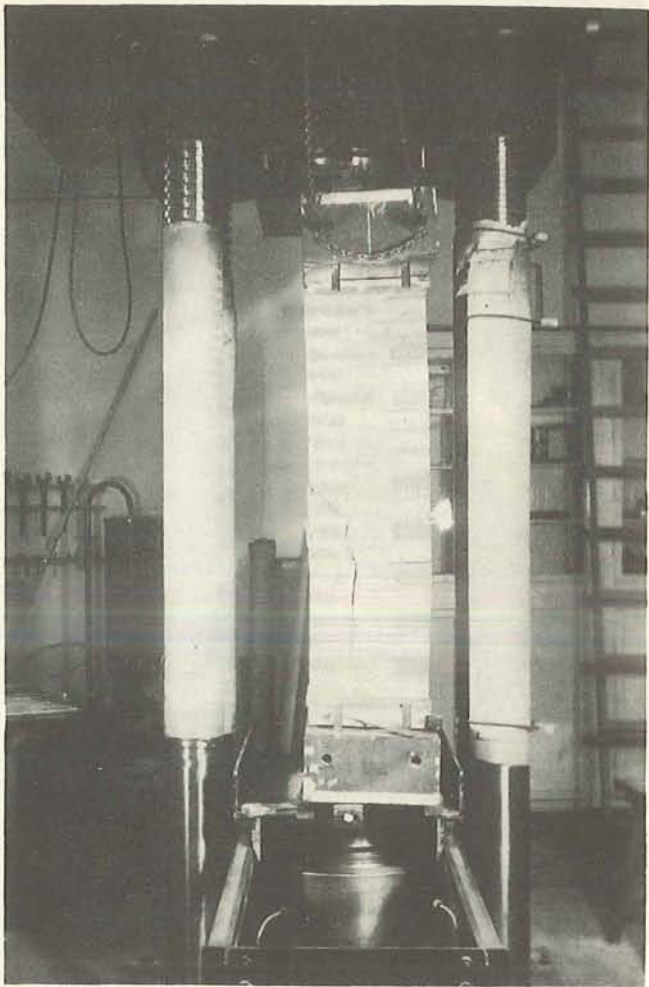


Fig. 6. Knust pille med karakteristisk brud.
Broken pier with typical fracture.

Brudlasten blev som regel nået ved 7-10 lasttrin. Under forsøget noteredes belastningen, når pillen begyndte at knitre, når mørtlen begyndte at drysse, ved første revnedannelse, og når stenene begyndte at skalle af.

Resultaterne fra hver enkelt pilleforsøg med undtagelse af deformationsmålingerne fremgår af bilagene 1 til 4.

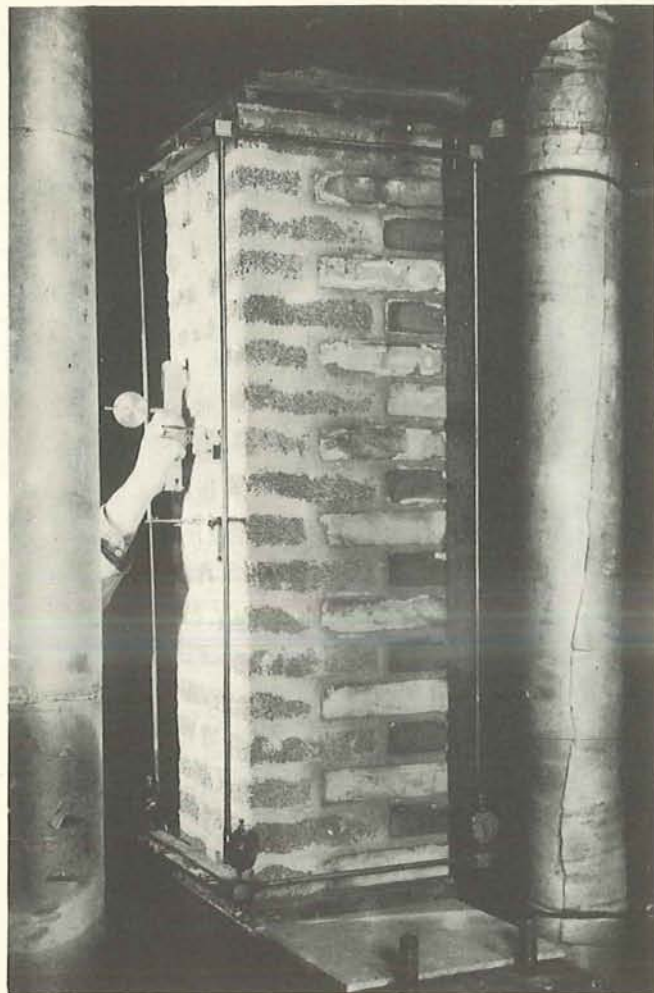


Fig. 7. Nærbillede af måleinstrumenterne på pille.
Close-up measuring instruments on pier.

Deformationsmålinger.

Følgende deformationer blev målt:

- 1) Længdeændringen mellem øverste og nederste skiftes vandrette midterplan ved hjælp af et Zeiss måleur i hvert hjørne. (På bilag: ϵ_L).
- 2) Længdeændringen over 3 fuger og tværdeformationen over 1 fuge ved

midten af pillen ved hjælp af Berry strain-gage med 20 cm målelængde. Der var 1 målestrækning for hver af de nævnte deformationer på 2 modstående sideflader. (På bilag: ϵ_l og ϵ_v).

3) Stenenes lodrette og vandrette deformationer ved midten af pillen ved hjælp af Huggenberger tensometre. Der var 1 tensometer for hver retning på 2 modstående sideflader, hvis målelængde og forstørrelser varierede efter de forventede resultater. (På bilag: s_l og s_v).

Huggenberger tensometrene var sat fast ved bøjler, der var fæstnet i muren ved skruer i rawplugsforsynede huller. På fig. 7 ses en pille, hvorpå måleinstrumenterne er anbragt.

Resultaterne af deformationsmålinger fremgår af bilag 5-14.

Om deformationsmålingerne skal i almindelighed bemærkes, at de p. gr. af inhomogenitet i materialerne er temmelig usikre, således at forstå, at enkelte resultater bør behandles med megen forbehold, medens slutninger af gennemgående karakteristiske resultater vel nok kan drages.

$\bar{\sigma}$ betegner gennemsnitsspændingen $\bar{\sigma} = P:bt$ i kg/cm^2 . $\bar{\sigma}^0$ er nævnte spænding i brudøjeblikket. Tallene er middeltal for 2 prøvelegemer undtagen i 4 tilfælde, hvor resultaterne var behæftede med forsøgsfejl.



Fig. 8. Opmuring og lagring af mure.
Laying and setting of walls.

Murforsøgene

Murenes fremstilling.

Murene blev, med undtagelse af 2 stk., opmuret med samme omhyggelighed som pillerne. De 2 undtagelser, mur nr. 9 og nr. 10, blev fremstillet, som om det var god akkordmuring; den væsentligste forskel mellem denne form for

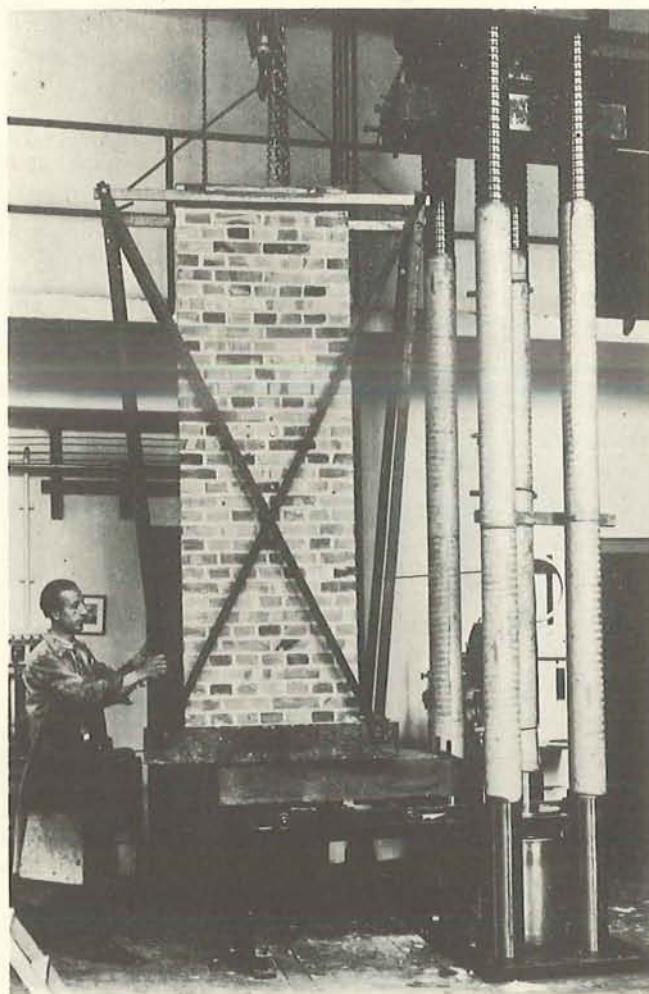


Fig. 9. Mur på vej »ind i« pressen.
Wall on way into press.

muring og omhyggelig muring ligger i stødfugernes mangelfulde fyldning ved akkordmuring.

Murene blev opmuret på et I NP 45 med vandret kropplade og forblev herpå under prøvningen. Mellem 1. skifte og stålpladen og som afretningslag over øverste skifte anvendtes for alle mure cementmørtel. Der blev opmuret en mur pr. dag.

Lagring.

Murene blev lagret på samme måde som pillerne.

Rumvægt og fugtighedsprocent.

Deres rumvægt og fugtighedsprocent blev bestemt på samme måde som pillernes. Resultaterne fremgår af tabel VIII, side 23.

Trykprøvningens udførelse.

Trykprøvningen foregik på samme måde som ved pillerne. Alderen var 28 døgn, når undtages mur nr. 3 og 13, der var lagret i 3 måneder før prøvningen. Pressens maximallast måtte for flammsten muret i cementmørtel indstilles til 500 t. Varigheden af murforsøgene var gennemgående lidt længere end ved pilleforsøgene. Resultaterne for hver enkelt murforsøg med undtagelse af deformationsmålingerne fremgår af bilag 1-4.

Deformationsmålinger.

Følgende deformationer blev målt:

- 1) Længdeændringen mellem næstøverste og næstnederste skiftes vandrette midterplan ved hjælp af et Zeiss måleur i nærheden af hvert hjørne. (På bilag: ϵ_L).
- 2) Længdeændringen over 3 fuger og tværdeformationen over 1 fuge ved midten af murene ved hjælp af Berry strain-gage med 20 cm målelængde. Der var to lodrette og to vandrette målestrækninger på hver bred sideflade af murene. (På bilag: ϵ_l og ϵ_v).
- 3) Stenenes lodrette og vandrette deformationer ved midten af muren ved hjælp af Huggenberger tensometre. Der var 2 tensometre for hver retning på hver bred sideflade af murene. (På bilag: s_l og s_v).
- 4) Sidebevægelsen af midterskiftet samt næstøverste og næstnederste skifte ved hjælp af Huggenberger måleure. (På bilag er u mm hele sidebevægelsen af midtertværsnittet; f mm er midtertværsnittets bevægelse i forhold til næstøverste og næstnederste skifte — pilhøjden).

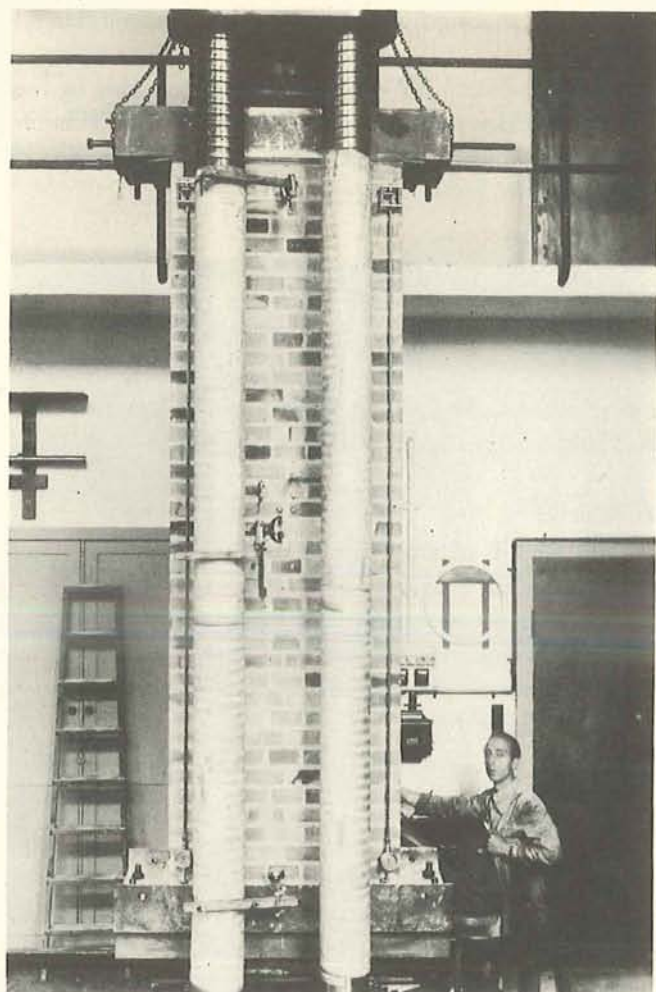


Fig. 10. Mur under forsøgets udførelse.
Wall during test.

Huggenberger tensometrene var sat fast på lignende måde som ved pillerne; samme befæstelsesmåde var iøvrigt anvendt ved befæstelsen af de små vinkler af messing, hvor imellem længdeændringen af hele muren måltes. På fig. 10 ses en mur med måleinstrumenterne anbragt på plads.

Resultaterne af deformationsmålingerne fremgår af bilagene 5-14.

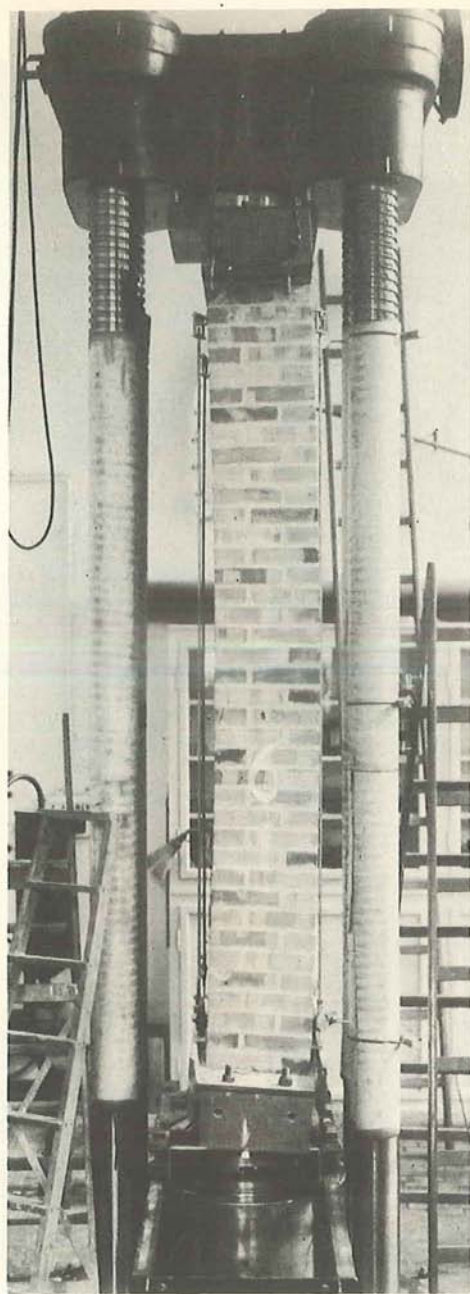


Fig. II. Normalt udseende af »brudt« mur;
Normal appearance of "broken" wall.

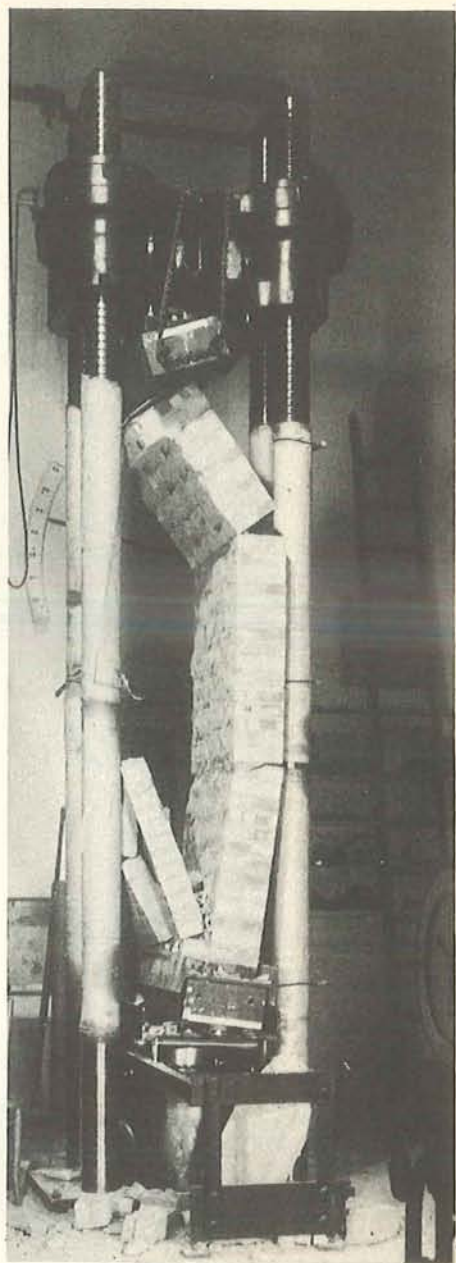


Fig. 12 og 13. Karakteristiske billeder af mure ved pludselig brud.
Typical pictures of walls with sudden break-down.

Der henvises til bemærkninger ang. deformationsmålingerne under pilleforsøgene (side 27).

Diverse erfaringer

Kalkmørtelens hærkning.

Ved undersøgelse af de brudte prøvelegemer konstateredes, at kalkmørtelen kun var hærdnet i en dybde af 1-2 cm under overfladen. De 2 mure, der var lagret i 3 måneder, viste efter bruddet kun hærkning i ca. 2 cm dybde — altså kun en meget ringe fremskriden af hærkningen.

Murearbejdets udførelse.

Med de stærkt sugende sten, flamsten og molersten, var det nemmest at mure med kalkmørtel og vanskeligst med cementmørtel — denne sidste var for »død«. Gasbeton- og klinkerbetonstenene sugede næsten ikke, hvorfor cementholdige mørtler her var bedre at arbejde med, medens muring i ren kalkmørtel, der her oven i købet var tilberedt betydelig stivere end ved de to andre stenarter, var meget vanskelig, da stenene »svømmede«. Ved opmuring af blandet murværk var anvendelsen af kalkmørtel dog praktisk mulig, selv om bagmuringstenene var gasbetonsten eller klinkerbetonsten — de foranliggende flamsten så at sige styrede de lettere dårligt sugende bagmuringsten.

Diskussion af resultaterne

Formel for murværksstyrkens afhængighed af stenstyrken og mørtelstyrken

På grundlag af de udførte forsøg er ad empirisk vej opstillet følgende formel for centralt belastede mures bæreevne:

$$\sigma_M^c = (0,8 + 0,1 \cdot \sigma_m^c) \sqrt{\sigma_s^c} \text{ for } \sigma_m^c < 18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_M^c = \sqrt[3]{\sigma_m^c} \sqrt{\sigma_s^c} \text{ for } \sigma_m^c > 18 \text{ kg/cm}^2$$

σ_M^c er brudspændingen i murværket i kg/cm²

σ_m^c er mørteltrykstyrken bestemt ved 2 cm terninger i kg/cm²

σ_s^c er stentrykstyrken bestemt ved terninger af 2 halve med cementmørtel sammenmurede sten.

Formlen er iøvrigt begrænset til at gælde for:

- 1) mure af massive sten med en brudstyrke på højst 250 kg/cm²
- 2) mure med en højde på mellem 2,4 og 3,5 m
- 3) mure med en mørtel, hvis trykstyrke er mindre end 250 kg/cm².

På fig. 14 er formlens unøjagtighed illustreret ved ad absisseaksen at afsætte målt brudstyrke for en række forsøg og ad ordinataksen beregnet brudstyrke; de derved bestemte punkter i koordinatsystemet skulle falde på en ret linie med 45° hældning.

Formlen er efterprøvet både for egne forsøg og for en række fremmede forsøg; da mørtelstyrken og stenstyrken ved sidstnævnte som oftest er blevet bestemt på anden måde end forudsat i formlen, er de angivne sten- og mørtelstyrker blevet multipliceret med en faktor, der er angivet i det følgende, og som er fastsat på grundlag af laboratoriets erfaringer.

Kontrollen af formelen omfatter følgende forsøg:

- Serie 1: Egne forsøg (mrk. +).
- Serie 2 og 3: Olaf Hanssons forsøg (1937 og 1938). Stenstyrke som forudsat; mørtelstyrke σ_m^c ved 7 cm terninger, støbt på dræneret underlag. $\sigma_m^c = 1,7 \cdot \sigma_m^c$ (mrk. o)
- Serie 4: Forsøg af Kristen og Schulze (1936). Stenstyrke som forudsat; mørtelstyrke σ_m^c ved 7 cm terninger efter DIN; $\sigma_m^c = 1,7 \cdot \sigma_m^c$ (mrk. □)
- Serie 5: Forsøg af Stang, Parsons og Burney (1929). Stenstyrken σ_s^c ved hele sten på fladen; $\sigma_s^c = 0,7 \cdot \sigma_s^c$; mørtelstyrken σ_m^c ved cylindre, $d = 5$ cm og $h = 10$ cm; $\sigma_m^c = 2,1 \cdot \sigma_m^c$ (mrk. ●).
- Serie 6: Forsøg af Glanville og Barnett (1934). Stenstyrken σ_s^c ved en halvsten med tykt lag rapidcementmørtel 1:3 på begge sider, prøvet mellem krydsfinérplader; $\sigma_s^c = 1,2 \sigma_s^c$. Mørtelstyrken σ_m^c ved 7,5 cm terninger; $\sigma_m^c = 1,8 \cdot \sigma_m^c$ (mrk. △).

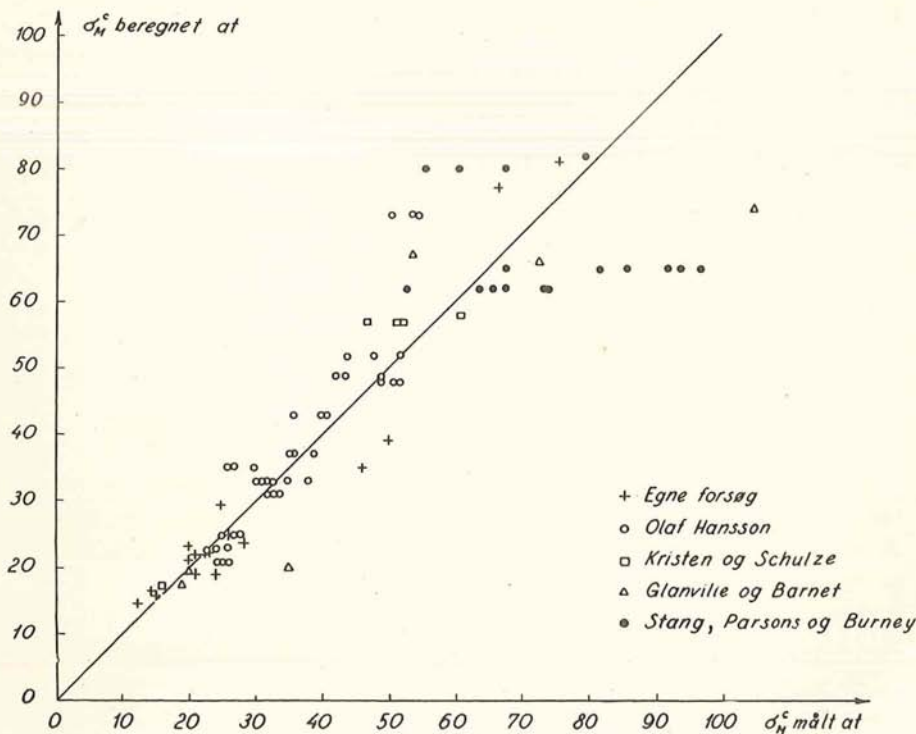


Fig. 14. Kontrol af murværksformel.
Checking of brickwork formulas.

Ved kontrollen af formlen er ikke medtaget fremmede forsøg, som ikke opfylder formlens forudsætninger; f. eks. murværk opført af hulsten og murværk med for små dimensioner.

En matematisk, statistisk undersøgelse af formlens rigtighed findes i appendix, side 61. Middelfvigelsen er ca. 15 %.

Den fundne spredning — således som den dels fremgår af fig. 14 og dels af det fundne talmæssige udtryk, kan siges at være temmelig stor. Imidlertid må det betænkes, hvor mange faktorer, der faktisk påvirker murværks styrke — et antal, som på langt nær kan medtages i en praktisk anvendelig formel. Følgende hovedfaktorer skal nævnes:

- 1) Stenenes tryk-, træk- og bøjningsstyrke
- 2) Stenenes elasticitetskoefficient
- 3) Spredningen i stenenes styrkeegenskaber
- 4) Stenenes form og dimension
- 5) Stenenes art og sugsevne
- 6) Mørtelens tryk-, træk- og bøjningsstyrke
- 7) Mørtelens elasticitetskoefficient
- 8) Spredningen i mørtelens styrkeegenskaber
- 9) Mørtelens svind
- 10) Fugtighedsforholdene i sten og mørtel
- 11) Adhæsionen mellem sten og mørtel
- 12) Fugetykkelsen.

Det er muligt, at der kunne opnås en mindre spredning ved en mere kompliceret formel med flercifrede talkoefficienter, men nøjagtigere talkoefficienter må faktisk betragtes som matematisk ukorrekt, og en mere indviklet formel vil i praksis være for besværlig, da den vil forudsætte mange forudgående undersøgelser. Der skal dog i denne forbindelse henvises til formlen side 37, hvor den såkaldte trestensstyrke indgår.

Murværksstyrken og 3-stensstyrken

På fig. 15 er optegnet sammenhørende værdier af 3-stensstyrkerne og murværksstyrkerne. Det ses, at man ud fra 3-stensstyrkerne alene ikke kan forudsige murværksstyrken med nogen rimelig nøjagtighed.

Da der derimod synes at være en vis forbindelse mellem forholdene $\sigma_M^c/\sigma_{3st}^c$ og σ_m^c/σ_{st}^c , er forsøgt opstillet en empirisk formel for σ_M^c 's afhængighed af såvel σ_{3st}^c som σ_m^c og σ_{st}^c ; da forsøget kun giver mulighed for kontrol af formlen i

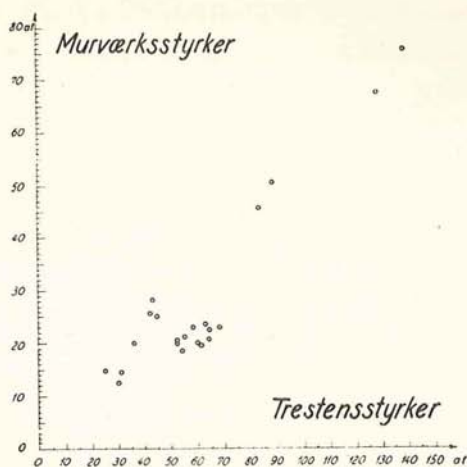


Fig. 15. 3-stensstyrkerne og murværksstyrkerne.
Strength of 3-brick pieces and brickwork.

12 tilfælde, må denne betragtes med et vist forbehold. Med dette i erindring kan for mure af ensartede sten og centrisk belastede følgende udtryk anvendes til beregning af murens brudspænding:

$$\sigma_M^c = \left(0,3 + 0,5 \sqrt{\frac{\sigma_m^c}{\sigma_{st}^c}} \right) \sigma_{3st}^c.$$

Middelspredningen for de 10 kontrollerede brudspændinger androg 8 %.

Ved at kombinere resultaterne fra dette forsøg med resultater fra et senere udført forsøg på laboratoriet¹⁾ haves for en enkelt materialekombination, F+KM, 11 forsøgsresultater til disposition. Ovennævnte formel giver i dette tilfælde:

$$\sigma_M^c = 0,39 \cdot \sigma_{3st}^c$$

og ved kontrol ved hjælp af de 11 givne resultater fandtes en spredning på 11 %. Heraf kan sandsynligvis drages den slutning, at ved seriekontrol af murværksstyrke, hvor materialerne holdes konstant, er 3 st. prøvelegemerne at foretrække for mørtel- og stenprøver udført hver for sig. Det er enklere og giver et mindst lige så nøjagtigt resultat.

¹⁾ Se afsnittet: forbandtets indflydelse.

Murstyrke contra pillestyrke

Medens opmuring og prøvning af en $1\frac{1}{2}$ stens mur med dimensioner $260 \cdot 85 \cdot 35$ cm rummer et betydeligt arbejde i sig, er det i forhold hertil let at behandle en $1\frac{1}{2}$ stens pille med dimensionerne $120 \cdot 35 \cdot 35$ cm.

Denne forsøgsrække har vist, at der mellem murstyrke og pillestyrke synes at råde et bestemt forhold, et forhold, der kan regnes til 0,9.

Ved hjælp af formelen for excentrisk belastet murværk er brudspændingen for samtlige mure og piller udregnede — se bilagene 1 til 4; der er herefter taget σ_{middel} for alle ekscentriciteter af samme materialekombination; på fig. 16 er ad abscisseaksen afsat σ_{middel} for piller og ad ordinataksen σ_{middel} for mure. De derved fremkomne punkter ses at gruppere sig om en ret linie med hældningen 0,92.

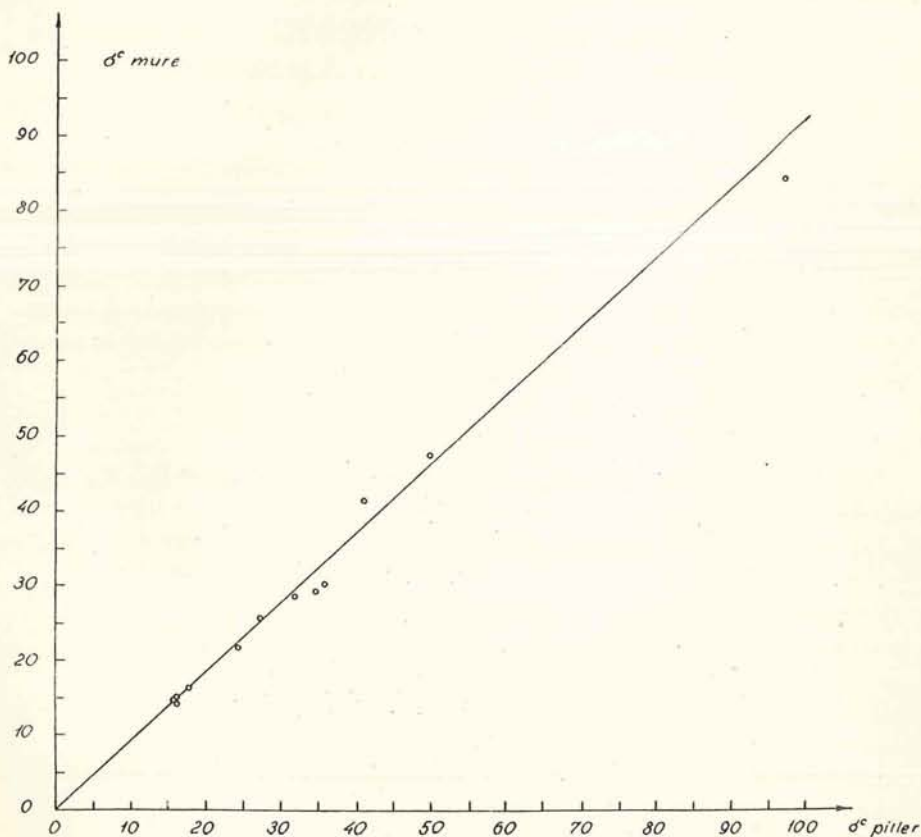


Fig. 16. Pillestyrke og murstyrke.
Strength of piers and walls.

Ved at opstille forholdet $\frac{\sigma_M^c}{\sigma_P^c}$ for de enkelte mure og piller og derefter beregne middeltallet af de 76 forhold, der er til disposition, findes naturligvis også 0,92. Middeltallet er ad denne vej underkastet en statistisk bearbejdning — se appendix; middelfvigelsen er fundet til 12 %.

Det ses således, at en forudbestemmelse af murværks styrke meget vel vil kunne gøre ved brudforsøg med piller; ved en undersøgelse af en vis faktors indflydelse på murværks styrke vil piller som prøvelegemer i de fleste tilfælde også være tilstrækkelige.

Brudbelastning for murværk med excentrisk påvirkning

Kantspændingen i en søjle belastet med en kraft P , der i brudtværsnittet har en oprindelig excentricitet e_o , bliver udregnet efter elasticitetsteorien¹⁾:

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{Pe_o}{W} \frac{P_E + \alpha P}{P_E - P}.$$

Ved indførelse af forholdet γ' mellem tryk- og bøjningsmodulus fås

$$P_o = \sigma_o F = P \left(1 + \frac{e_o}{t} 6\gamma' \frac{P_E + \alpha P}{P_E - P} \right).$$

$\sigma_o F = P_o$ er brudbelastning for centralt tryk, når der ikke regnes med nogen udbøjning. t og e_o er tykkelsen og den oprindelige excentricitet. Søjle's brudlast bliver altså:

$$P = P_o \frac{t}{t + 6\gamma' \beta e_o}, \quad \text{hvor } \beta = \frac{P_E + \alpha P}{P_E - P}. \quad (1)$$

Når tværsnittet ikke kan optage træk, gælder denne formel kun for små excentriciteter.

For store værdier af excentriciteten fås (fig. 17):

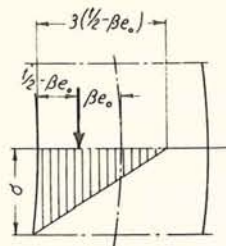


Fig. 17.

¹⁾ Se P. M. Frandsens Festskrift, København 1950, side 91.

$$P = 3 \left(\frac{t}{2} - \beta e_o \right) \frac{1}{2} \sigma b$$

hvor b er bredden og σ kantspændingen.

Indføres forholdet γ'' mellem tryk- og bøjningsmodulus fås, idet $\sigma = \frac{\sigma_o}{\gamma''}$, og idet man indsætter $P_o = \sigma_o b t$:

$$P = P_o \frac{3}{4\gamma''} \frac{t - 2\beta e_o}{t} \quad (2a)$$

Som en sandsynlig værdi for forholdet mellem tryk- og bøjningsmodulus indføres $\gamma'' = \frac{3}{4}$:

$$P = P_o \left(1 - \frac{2e_o}{t} \beta \right) \quad (2)$$

For excentriciteten $\beta e_o = 0$ bliver (1) og (2) identiske, og det kan ved numerisk beregning vises, at udtrykket (1) nærmer sig (2), når der indsættes en passende værdi for γ' .

Samme udtryk når man til, hvis man betragter materialet som plastisk og regner med ens spænding på et areal symmetrisk omkring kraften (se fig. 18):

$$P = \sigma_o b 2 \left(\frac{t}{2} - \beta e_o \right) = P_o \left(1 - \frac{2e_o}{t} \beta \right).$$

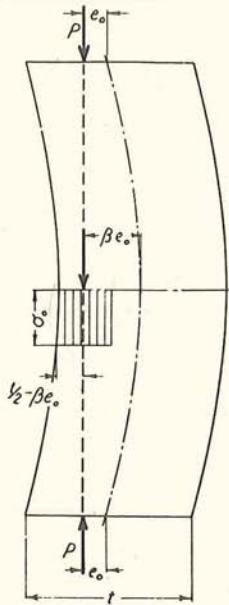


Fig. 18.

Som et almindeligt udtryk for brudbelastningen vælges (2).

I udtrykket $\beta = \frac{P_E + \alpha P}{P_E - P}$ kan man for en belastning, der angriber som vist på fig. 17 sætte $\alpha = 0,25$.

På basis af forsøget skal størrelsesordenen af β vurderes, og endvidere skal formelen verificeres. β omskrives:

$$\beta = \frac{\frac{\pi^2 EI}{l^2} + 0,25 \cdot b \cdot t \cdot \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right) \cdot \sigma}{\frac{\pi^2 EI}{l^2} - b \cdot t \cdot \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right) \cdot \sigma}$$

$$\beta = \frac{\frac{E}{\sigma} + \frac{3}{\pi^2} \frac{l^2}{t^2} \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right)}{\frac{E}{\sigma} - \frac{12}{\pi^2} \frac{l^2}{t^2} \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right)}$$

med $l \approx 300$ cm og $t \approx 35$ cm:

$$\beta = \frac{\frac{E}{\sigma} + 22 \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right)}{\frac{E}{\sigma} - 90 \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t}\right)}$$

For $\frac{E}{\sigma}$ fås af forsøget de i nedenstående tabel gengivne omtrentlige værdier; i tabellen er desuden angivet udregnede værdier for β for $e_0 = \frac{1}{6} t$.

| Materiale | F+KM | F+KCM | F+CM | M+KM | G+KCM | K+KCM |
|--------------------|------|-------|------|------|-------|-------|
| $\frac{E}{\sigma}$ | 180 | 700 | 700 | 300 | 600 | 700 |
| β | 1,44 | 1,11 | 1,11 | 1,25 | 1,13 | 1,11 |

For de 3 i forsøget anvendte excentriciteter fås 3 forskellige β -værdier, men som den i appendix angivne statistiske undersøgelse viser, er det tilstrækkelig nøjagtigt for alle excentriciteter at regne med den for $e_0 = \frac{1}{6} t$ udregnede β -værdi:

for flamsten + kalkmørtel: $\beta \approx 1,45$
 for svage sten + kalkmørtel: $\beta \approx 1,25$
 for alle sten i stærk mørtel: $\beta \approx 1,10$.

I blandingsmurværk regnes der med den til svageste sten svarende β -værdi.

I bilagene 1-4 sidste kolonne er efter formel 2 og med de lige ovenfor fundne β -værdier udregnet σ_{brud} for hver enkelt mur. For pillerne er σ_{brud} ligeledes udregnet efter formel 2, men med $\beta = 1$, da udbøjningen her var ∞ .

Middelfvigelsen for formlen er for murenes vedkommende i middel 10 %, for pillerne i middel 12 %.

Murværk med svage sten i bagemuren

På fig. 19 er de opnåede brudresultater afsat på følgende måde: hver vandret streg markerer middelværdier af brudlasten for centralt belastede piller og mure, idet værdien er angivet i forhold til middelværdien af flamstensmurværkets brud-

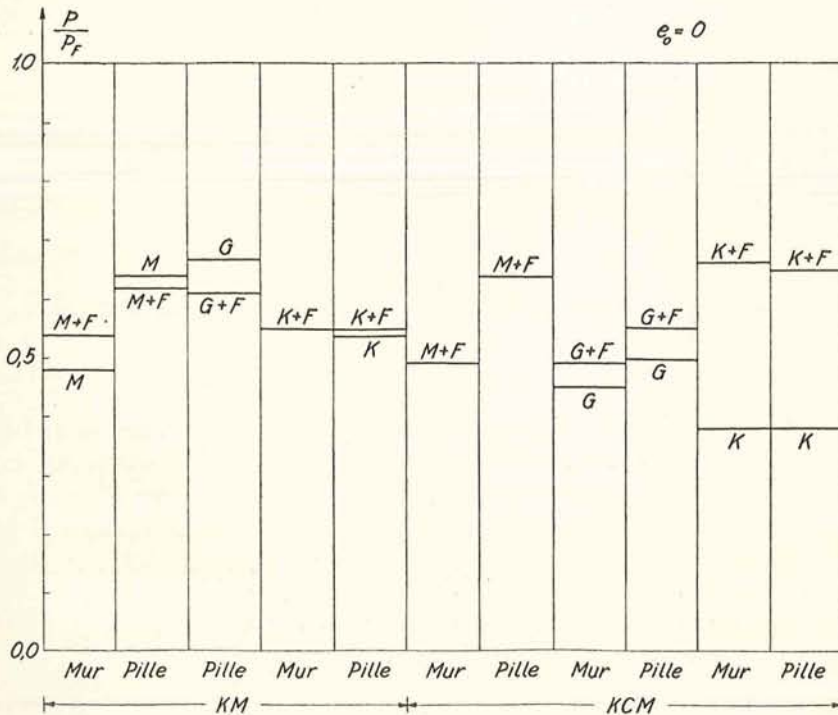


Fig. 19. Afbildning af murværksstyrken for $e_0 = 0$ i forhold til styrken af rent flamstensmurværk.

Representation of strength of brickwork for $e_0 = 0$ in connection with brickwork entirely of common bricks.

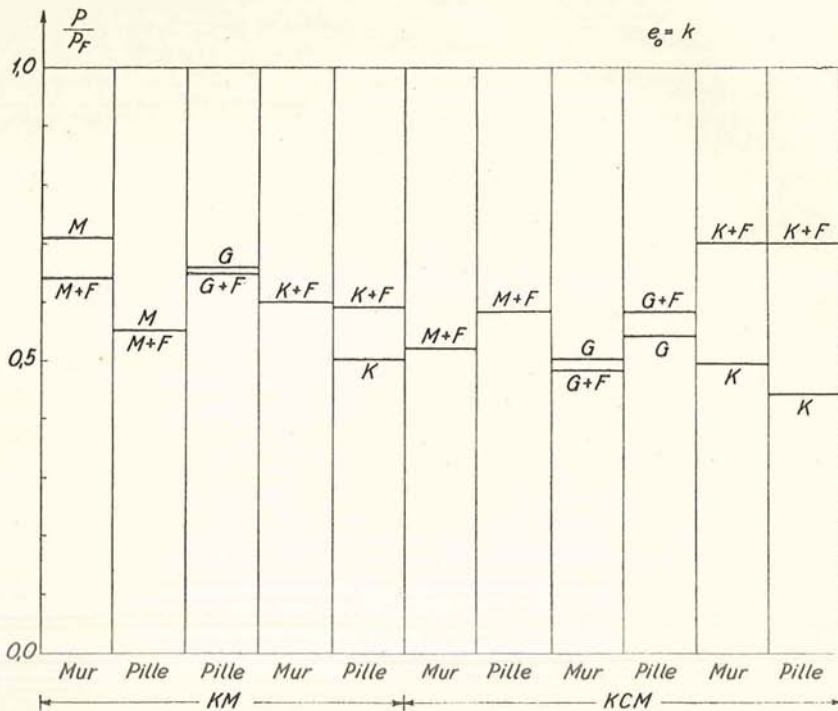


Fig. 20. Afbildning af murværksstyrken for $e_0 = k$ i forhold til styrken af rent flamstensmurværk.

Representation of strength of brickwork for $e_0 = k$ in connection with brickwork entirely of common bricks.

last. Hver type murværk — hver materialekombination er repræsenteret af en vandret streg. Flamstensmurværket, der kan opfattes som blandingsmurværk med lige stærke sten, må altså svare til linien 1,0. Da de rene flamstensmure er udført af svagere sten (F I) end de i blandingsmurene indgåede flamsten (F II), er brudlasten af den rene flamstensmur (F I) transformeret til brudlast af en ren flamstensmur (F II) ved benyttelse af formelen s. 34.

Det »blandede« murværks styrkeforhold er påvirket af den forøgede inhomogenitet, det indeholder, i forhold til murværk af ensartede sten. Af faktorer, der i denne forbindelse spiller ind, skal nævnes:

- 1) Stenenes forskellige højde, hvoraf følgende forskellig fugetykkelse.
- 2) Stenenes forskellige sugsevne.
- 3) Stenenes forskellige elasticitetskoefficient.

ad 1) De svage sten er alle højere end flamstenene; forholdet fugehøjde/stenhøjde bliver:

| | |
|----------------------|------------------|
| for flamsten | $\approx 0,25$ |
| for molersten | $\approx 0,22$ |
| for gasbetonsten | $\approx 0,20$ |
| for klinkerbetonsten | $\approx 0,22$. |

ad 2) Som nævnt tidligere havde specielt klinkerbetonstenene meget lille sugsevne, hvorfor mørtlerne i klinkerbetonmurværk var hærdnet mindre end ved de øvrige sten.

ad 3) De svage stens elasticitetskoefficient — målt på stenene i murværket — i forhold til flamstenenes kan omtrent udtrykkes på følgende måde (se tabel X, 1. kolonne, s. 52):

| | |
|------------------|-------------------------------|
| klinkerbetonsten | $E_{kl} \approx 0,5 E_{fl}$ |
| gasbetonsten | $E_{ga} \approx 0,1 E_{fl}$ |
| molersten | $E_{mo} \approx 0,1 E_{fl}$. |

I denne forbindelse skal nævnes, at størrelsesordenen af mørtlernes elasticitetskoefficienter i forhold til flamstenenes kan skrives (se tabellerne X og XII, s. 52-53):

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| for kalkmørtel | $E_{km} \approx 0,01 E_{fl}$ |
| for kalkcementmørtel | $E_{kcm} \approx 0,1 E_{fl}$. |

Ved »blandet« murværk i kalkmørtel, centralt belastet, vil sammentrykningen kunne udregnes som følger (E_{fl} sat lig 1):

| | |
|-----------------------|--|
| flamstensiden | $\varepsilon'_f = \frac{0,75}{1} + \frac{0,25}{0,01} \approx 26$ |
| molerstensiden | $\varepsilon'_m = \frac{0,78}{0,1} + \frac{0,22}{0,01} \approx 30$ |
| gasbetonsiden | $\varepsilon'_g = \frac{0,80}{0,1} + \frac{0,20}{0,01} \approx 28$ |
| klinkerbetonstensiden | $\varepsilon'_k = \frac{0,78}{0,5} + \frac{0,22}{0,01} \approx 24$. |

Ved »blandet« murværk i kalkcementmørtel, centralt belastet, bliver de tilsvarende tal:

| | |
|----------------|---|
| flamstensiden | $\varepsilon'_f = \frac{0,75}{1} + \frac{0,25}{0,1} \approx 3,3$ |
| molerstensiden | $\varepsilon'_m = \frac{0,78}{0,1} + \frac{0,22}{0,1} \approx 10,0$ |

$$\begin{aligned} \text{gasbetonstensiden} \quad \varepsilon'_g &= \frac{0,80}{0,1} + \frac{0,20}{0,1} \sim 10,0 \\ \text{klinkerbetonstensiden} \quad \varepsilon'_k &= \frac{0,78}{0,5} + \frac{0,22}{0,1} \sim 3,8. \end{aligned}$$

Som ovenstående beregninger viser, er sammentrykningen i de to sider af en kalkmørtel-mur med flamsten i facaden og svage sten i bagmur ret ens. Kalkmørtelfugernes bidrag til sammentrykningen er her så overvejende, at arten af de i muren indgående sten er næsten uden betydning i denne forbindelse.

Da elasticitetskoefficienten for kalkmørtel er lille ved siden af stenenes E 'er, vil fugerne under trykpåvirkningen udvide sig mere i tværetningen end stenene, d. v. s. der kommer træk i disse, og det er som bekendt i reglen i det øjeblik, at stenenes trækbrudgrænse overskrides, at muren brydes.

Uanset om der er tale om en ren svagstensmur eller om en blandingsmur, vil nogle svage sten overrives, når den nævnte grænse er nået, og bruddet vil hurtigt forplante sig i den således svækkede mur, sådan at eventuelle flamstens styrke ikke udnyttes.

Ved murværk i kalkmørtel centralt belastet bliver konklusionen da den, at det blandede murværks styrke stort set bliver lig den styrke, det »rene« svagstensmurværk har.

Ved muring i *KCM* opfører klinkerbetonstenene sig noget anderledes end de 2 andre her prøvede svagstenssorter. Ved betragtning af de ovenstående udregnede sammentrykninger ses, at medens klinkerbetonsidens ε' værdi er af samme størrelsesorden som flamstensidens bliver ε' erne for moler og gasbeton ca. 3 gange så store som ε_f . Endvidere er kalkcementmørtelens E af samme størrelsesorden som E 'erne for moler og gasbeton, hvorfor disse sten vil knuses ved trykbrud i stedet for at trækkes over som ved kalkmørtel. Den store sammentrykning af moler- og gasbetonsiden i forhold til flamstensiden bevirker, at de førstnævnte selv ved geometrisk central belastning vil få relativ større påvirkning end flamstensiden; forsøgene viser, at det »blandede« murværks styrke, for så vidt angår moler- og gasbetonsten i bagmur, i kalkcementmørtel — som i kalkmørtel — får en tilsvarende styrke som det »rene« svagstensmurværk.

For klinkerbetonsten i *KCM* er sammentrykningen som nævnt af omtrent samme størrelse som for flamsten + *KCM*; denne i forhold til de 2 andre blandingsmurværker stærkt forøgede homogenitet gør en forholdsvis stor styrke sandsynlig; forsøgene giver da også større styrker for $K + F$ murværk i *KCM* end for $M + F$ og $G + F$ murværk i *KCM*.

Til gengæld er det »rene« klinkerbetonmurværk i *KCM* svagere end moler- og gasbetonmurværk i *KCM*. Dette skyldes *K*-stenenes ringe sugsevne; kalkcementmørtlen var ved prøvningen af *K*-stensmurværket væsentligt fugtigere end ved alt andet murværk med *KCM* — havde som følge heraf ringere styrke. Ved klinkerbeton + flamstensmurværk i *KCM* har flamstenene virket sugende for hele tværsnittet, og *KCM* har haft sin normale styrke. Styrkeforøgelsen for *KCM* fra *K*-murværk til *F* + *K* murværk fremgår indirekte af de udførte deformationsmålinger (se bilagene 10 og 14); trods disses usikkerhed viser de opnåede resultater for ϵ_L i de 2 tilfælde klart, at ϵ_L er væsentlig mindre i det »blandede« end i det »rene« murværk. Sidstnævnte forhold samt den tilstedeværende homogenitet ved *K* + *F* murværk synes at være årsagen til *K* + *F* murværkets væsentlig større styrke i forhold til det »rene« *K*-murværk.

Som konklusion kan da drages: for »blandet« murværk i *KCM* af henholdsvis molersten + flamsten og gasbetonsten + flamsten er styrken omtrent den samme som for murværk i rent moler i *KCM* og gasbetonsten + *KCM*. For klinkerbetonsten + flamsten i *KCM* fås en styrkeforøgelse på ca. 55 % i forhold til rent klinkerbetonstensmurværk i *KCM*.

De divergerende resultater for de forskellige sorter svage sten i *KCM* siger en, at det ikke er muligt at drage en generel konklusion.

På fig. 20 er for excentrisk belastet murværk de opnåede brudresultater afsat på samme måde som ved centralt påvirket murværk; forholdene ved excentrisk belastning ses at følge de samme linier som ved central påvirkning.

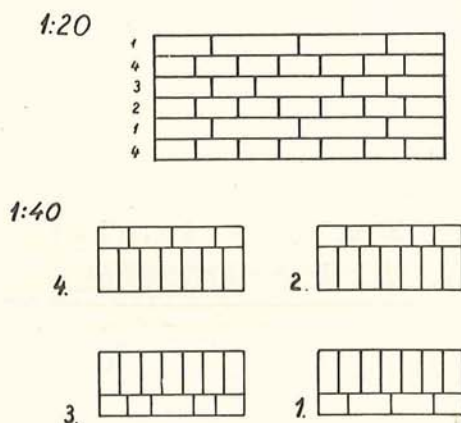


Fig. 21. Mur i krydsforbandt.
Wall laid in cross bond.

Forbandtets Indflydelse

Det i denne afhandling omtalte forsøg omfattede ikke undersøgelse af forbandtets indflydelse. Men laboratoriet udførte ca. 3 måneder senere et forsøg til undersøgelse af et specielt forbandts styrke, og da forsøget blev udført på nøjagtig samme måde som de øvrige forsøg, skal resultatet omtales her.

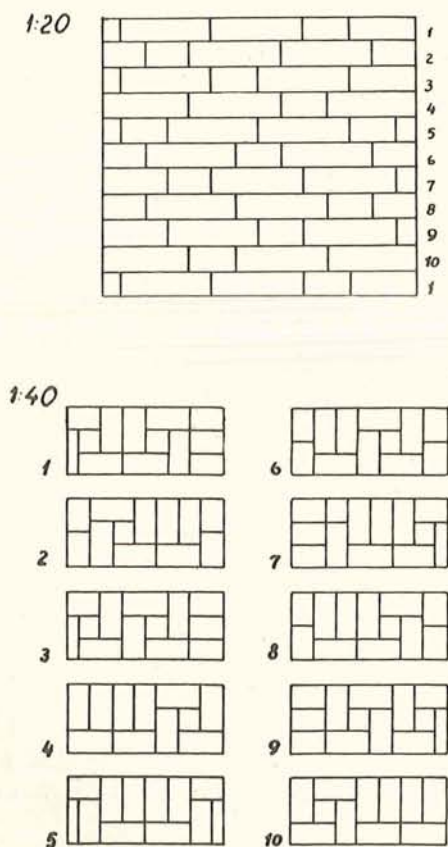


Fig. 22. Mur i »Knud Hansens« forbandt.
Wall laid in »Knud Hansen« bond.

Forsøget omfattede 5 mure i krydsforbandt, fig. 21, og 5 mure i et såkaldt »Knud Hansens forbandt«, fig. 22. Da sidstnævnte forbandt på forhånd måtte

anses for at være et svagt forbandt, giver det udførte forsøg et vist begreb om forbandtets indflydelse i almindelighed.

Resultatet af trykprøvningen var, at murene i krydsforbandt var ca. 3 % stærkere end murene i det specielle forbandt; nogen stor indflydelse på murværksstyrken kan forbandtet således ikke antages at have.

Alderens indflydelse

Alderens indflydelse på murværks styrke og deformationsforhold er undersøgt ved hjælp af:

- 1) 2 mure i $F + KM$, lagret i 3 måneder
- 2) 174 3 st-prøvelegemer.

Styrken.

Styrken af de 2 mure, der blev prøvet efter 3 måneder, var en anelse mindre end styrken af de tilsvarende mure efter 28 døgn. Denne styrkeforringelse kan dog afskrives på forsøgsusikkerhedens konto; som konklusion kan kun drages, at der ikke efter 3 måneders forløb synes at være tegn på styrkeforøgelse i forhold til 28 døgns lagring.

Hvad angår 3-stens prøvelegemernes styrke efter 3 måneder — se tabel IV — viser disse alle en stigning i forhold til 28 døgns styrken. Men billedet er meget uregelmæssigt: for $F + KM$ andrager stigningen kun 1,5 %, for $M + KM$ fås derimod en stigning på 20 %.

Deformationsforhold.

Til belysning af elasticitetskoefficientens variation med alderen er forsøgets omfang — 2 mure — så ringe, at det kun tjener til en verifikation af det ved andre forsøg fundne: at E vokser væsentligt mere med alderen end styrken. I middel er her fundet en forøgelse af E — i området ubelastet-tilladelig påvirkning — fra 28 døgns lagring til 3 måneder på ca. 100 %.

Murtingens udførelse

Forsøget viser, at murværksstyrken ikke forøges væsentlig, når stødfugerne fyldes. Betydelig større indflydelse har lejefugernes udførelse. Dette blev dog

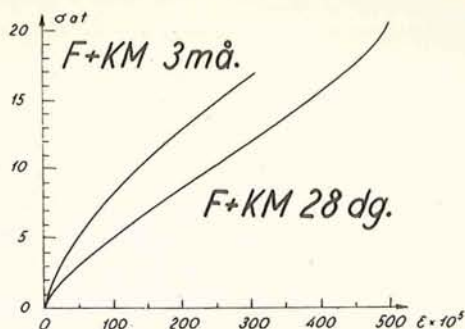


Fig. 23. Arbejdsliniens ændring fra 28 døgn til 3 måneder.
Change in stress deformation diagram from 28 days to 3 months.

ikke undersøgt i den foreliggende forsøgsrække, idet lejfugerne ved den omhyggelige muring og ved akkordmuringen ikke var væsentlig forskellige. Amerikanske forsøgsresultater viste en forøgelse af murværksstyrken med ca. 50 %, da man gik over fra ujævne lejfuger til omhyggeligt glattede lejfuger.

Deformationsforhold

Murværks arbejdslinie og elasticitetskoefficient E.

På fig. 24 er gengivet en række arbejdslinier for murværk bestemt ved måling af pillernes samlede sammentrykning ved forskellige lasttrin. På fig. 25 er vist et enkelt eksempel på mørtlens andel i forkortelsen sammenlignet med murværkets forkortelse. Mørtlens andel ses at være ca. 85 %.

I tabel IX er gengivet en række omtrentlige værdier for E for forskellige materialkombinationer. Da værdierne ved beregningen viste ret stor spredning, må de angivne E 'er betragtes med en vis forsigtighed.

E 'erne er beregnet som hældningskoefficienterne for korden til arbejdslinien

$$\text{i de 3 områder: } 0 - \frac{1}{3}\sigma_{brud}, \frac{1}{3}\sigma_{brud} - \frac{1}{2}\sigma_{brud}, \frac{1}{2}\sigma_{brud} - \frac{2}{3}\sigma_{brud}.$$

Stenenes elasticitetskoefficient.

Ved målinger af de enkelte stens sammentrykning for forskellige lasttrin kan E -værdier for sten på fladen i murværk beregnes. Resultaterne viste en meget stor uregelmæssighed ∞ murstens deformation er meget varierende. I tabel X

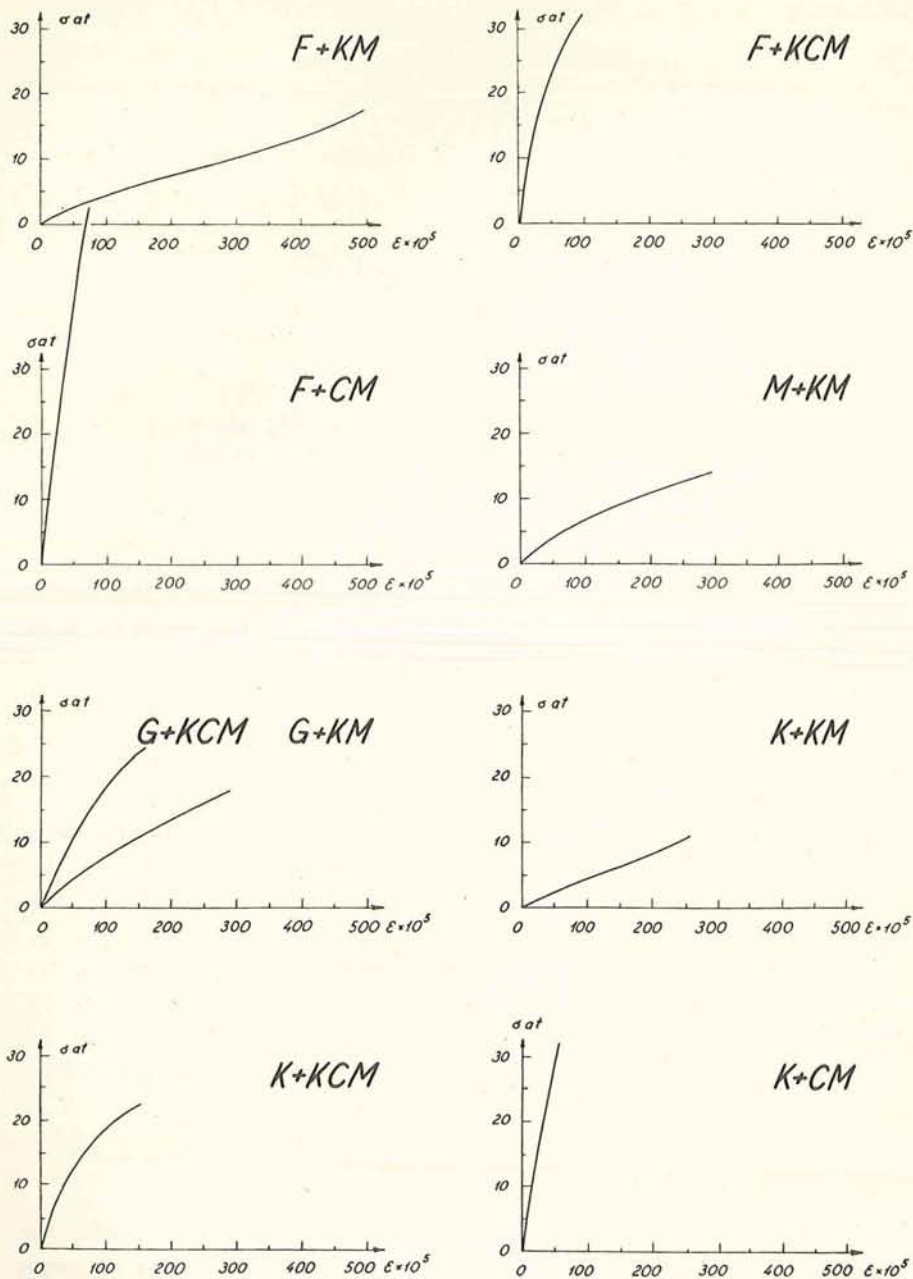


Fig. 24. Arbejdslinien for murværk — bestemt ved pilleforsøgene.
 Stress deformation diagram for brickwork—determined from the experiments with piers.

TABEL IX.
Murværks elasticitetskoefficienter.

| kg/cm ² | KM | | | | KCM | | | | CM | | | |
|--------------------|----------|------|----------|------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | Piller | | Mure | | Piller | | Mure | | Piller | | Mure | |
| | σ | E | σ | E | σ | E | σ | E | σ | E | σ | E |
| FI | 7,5 | 3500 | 6,7 | 4500 | 9,7 | 70000 | 10,1 | 60000 | 16,4 | 65000 | 19,9 | 70000 |
| | | 3000 | | 3500 | | 40000 | | 35000 | | 70000 | | 55000 |
| | 12,2 | | 13,6 | | 19,2 | | 25,6 | | 40,4 | | 40,1 | |
| | | 4000 | | 4000 | | 23000 | | 20000 | | 45000 | | 45000 |
| FI akk. | | | | 3000 | | | | | | | | |
| | | | 8,3 | | | | | | | | | |
| | | | | 3000 | | | | | | | | |
| | | | 13,4 | | | | | | | | | |
| FI 3m. | | | | 3500 | | | | | | | | |
| | | | 20,2 | | | | | | | | | |
| | | | | 8000 | | | | | | | | |
| | | | 8,0 | | | | | | | | | |
| M | | | | 4500 | | | | | | | | |
| | | 8000 | | 5000 | | | | | | | | |
| | 5,4 | | 4,0 | | | | | | | | | |
| | | 4500 | | 3500 | | | | | | | | |
| G | 10,4 | | 8,1 | | | | | | | | | |
| | | 2500 | | | | | | | | | | |
| | 15,4 | | | | | | | | | | | |
| | | 8500 | | 5500 | | 22000 | | 18000 | | | | |
| K | 5,2 | | 4,0 | | 8,4 | | 8,0 | | | | | |
| | | 6500 | | 6000 | | 16000 | | 15000 | | | | |
| | 11,6 | | 8,0 | | 16,5 | | 13,3 | | | | | |
| | | 5000 | | | | 11000 | | 14000 | | | | |
| K | 18,0 | | | | 24,5 | | 18,6 | | | | | |
| | | 4000 | | | | 25000 | | 23000 | | 65000 | | |
| | 4,0 | | | | 6,7 | | 6,7 | | 12,2 | | | |
| | | 4000 | | | | 17000 | | 11000 | | 55000 | | |
| K | 7,5 | | | | 13,0 | | 13,4 | | 20,0 | | | |
| | | 4500 | | | | 10000 | | 8000 | | 55000 | | |
| | 11,0 | | | | 22,5 | | 16,7 | | 27,3 | | | |

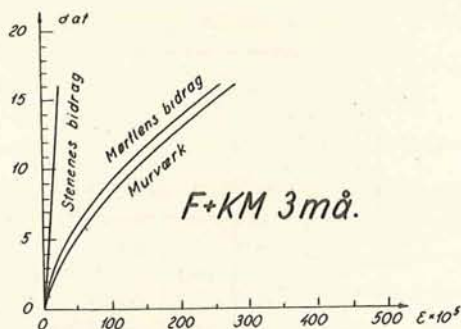


Fig. 25. Mørtlens og stenenes andel i arbejdslinien.
The part played by mortars and bricks in stress deformation diagram.

er gengivet nogle afrundede middelværdier af de ved disse målinger fremkomne E værdier — stenenes E på fladen. Til sammenligning er gentaget de elasticitetskoefficienter, der fremkom ved trykforsøg med hele sten på højkant (se s. 15) — E på højkant.

TABEL X.
Stens elasticitetskoefficient.

| Sten | E på fladen kg/cm ² | E på højkant kg/cm ² |
|--------|--|---|
| F..... | 120000 | 85000 |
| M..... | 12500 | 16000 |
| G..... | 12500 | 16000 |
| K..... | 65000 | 43000 |

Stenenes elasticitetskoefficient og stenstyrken.

I tabel XI er sammenstillet stenenes styrke — bestemt ved halvstensprøvelegemer — og stenenes E , bestemt på højkant:

TABEL XI.

| Sten | σ_s^c kg/cm ² | E kg/cm ² |
|---------|------------------------------------|---------------------------|
| FI..... | 191 | 75000 |
| M..... | 83 | 16000 |
| G..... | 63 | 16000 |
| K..... | 65 | 43000 |

Af tabellen fremgår, at der ikke er nogen forbindelse mellem stenenes styrke og E .

Mørtlernes elasticitetskoefficient.

Ved måling af en vandret mørtelfuges sammentrykning for forskellige lasttrin kan E -værdier for mørtel i murværk beregnes. Resultaterne viste en meget stor uregelmæssighed; dette sammenholdt med uregelmæssigheden for stenenes E -værdier indebærer, at en undersøgelse af spændingsfordelingen i et murværkstværsnit meget vanskeligt lader sig gennemføre.

I tabel XII er gengivet omtrentlige værdier for mørtlernes E -værdier i murværk efter 28 døgns hærdning; E 'erne er, som det ses, afhængig af stenene.

TABEL XII.
 E -værdier for mørtler i murværk kg/cm^2 .

| | KM | KCM | CM |
|--------------------|------|-------|-------|
| F..... | 750 | 10000 | 20000 |
| F (3 måneder)..... | 1500 | — | — |
| M..... | 1500 | — | — |
| G..... | 1500 | 10000 | — |
| K..... | 750 | 5000 | 40000 |

Appendix

En del af de opnåede forsøgsresultater og angivne formler er som nævnt i det foregående søgt vurderet gennem en statistisk behandling. Her skal først redegøres for grundlaget for denne og dernæst skal anføres en del af beregningerne.

Der er benyttet den af R. A. Fisher indførte variansanalyse, sådan som den er fremstillet af den svenske statistiker Harald Cramér¹⁾ ²⁾.

Ved forsøg som de nærværende har det ikke været almindeligt at foretage nogen statistisk bearbejdning. Der er derfor her uden egentlig bevisførelse gjort udførlig rede for fremgangsmåden, som i fremtiden næppe kan undgå at komme i brug ved lignende forsøg, da disse i høj grad egner sig for denne metode.

Ved eksperimentelle undersøgelser af anden art har variansanalysen ofte været anvendt. Cramér skriver herom (s. 224):

»Den af R. A. Fisher indførte variansanalyse er en statistisk teknik, som har vist sig meget anvendelig ved eksperimentelle undersøgelser, hvor det gælder om at sammenligne egenskaberne ved forskellige behandlingsmetoder, forskellige variateter af vækster eller racer af dyr, forskellige kvaliteter af råmaterialer m. m. Sin mest omfattende anvendelse har denne teknik hidtil fundet indenfor biologien, og især indenfor landbrugets forsøgsvirksomhed, men den kan være til stor hjælp også på andre områder f. eks. inden for industrien.«

Man observerer r uafhængige variable, som på forhånd alle antages at have ukendte middelfvigelses, idet de ligeledes ukendte middelværdier $m_1, m_2 \dots m_r$ muligvis kan være forskellige. For hver variabel har man udført en serie observationer, hvorved den i 'te serie omfatter n_i observerede værdier $x_{i1}, x_{i2} \dots x_{in_i}$.

¹⁾ Harald Cramér: Sannolikhetskalkylen, Uppsala 1949.

²⁾ Metoden er her anvendt efter samråd med lektor K. Rander Buch.

På grundlag af dette materiale skal prøves, om hypotesen: alle middelværdier $m_1, m_2 \dots m_r$ er lige store, holder stik.

For at have noget konkret at fæstne tankerne ved skal her jævnsides med teorien gennemføres et eksempel.

Der er udført brudforsøg med mure i flamsten og kalkmørtel med 4 excentriciteter e_o , her iblandt $e_o = 0$, to forsøg med hver ekscentricitet. Brudlasten P er målt. Hypotesen i dette tilfælde går ud på, at brudlasten ved ekscentrisk påvirkning, uanset størrelsen af e_o , kan findes af formlen:

$$P = P_o \left(1 - \frac{2e_o}{t} \beta \right)$$

eller sagt på anden måde: P_o bestemt af formlen $P_o = \frac{P}{1 - \frac{2e_o \beta}{t}}$ skulle altid blive lig den centralt belastede murs brudlast. I dette eksempel haves altså:

$r = 4$ forskellige varianter svarende til de 4 excentriciteter og for hver variant 2 observationer x_{i1} og x_{i2} .

For at behandle problemet sætter vi:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij} \quad n = \sum_{i=1}^{i=r} n_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=r} n_i \bar{x}_i$$

d. v. s.:

\bar{x}_i betegner de observerede middelværdier for den i 'te serie og \bar{x} middelværdien for samtlige observationer; n betegner antal, x værdier.

I eksemplet er:

\bar{x}_i middelværdierne af de $n_i = 2$ på basis af formlen og observerede brudlaster beregnede P_o -værdier, der svarer til samme ekscentricitet; \bar{x} er middelværdien af det samlede antal ($n = 4 \cdot 2 = 8$) P_o -værdier. De observerede størrelser samt \bar{x}_i og \bar{x} er angivet i nedenstående skema.

Idet $x_{ij} - \bar{x}$ er differencen mellem en vilkårlig observation og middeltallet mellem alle observationer, danner vi udtrykket:

$$Q = \sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2,$$

der kan opløses i:

$$Q = \sum_{i=1}^{i=r} n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = Q_1 + Q_2.$$

Q_1 er som det ses summen af kvadraterne på afvigelserne mellem de forskellige seriers middeltal \bar{x}_i og alle observationers middeltal \bar{x} . I eksemplet findes for observationerne x_{ij} een variationsårsag: excentriciteterne. Inden for samme serie — e konstant — beror ulighederne på helt tilfældige årsager, og alle observationer må svare til den normale fordelingskurve. Hvis vi nu antager, at hypotesen — formelen — er rigtig, altså at man får samme værdi P_0 uanset excentriciteters størrelse, da må det også være lige meget, om observationerne tilhører den ene eller den anden serie, d. v. s. *alle* observerede størrelser kan antages at følge den normale fordelingsfunktion.

Indenfor fejlteorien benyttes som bekendt fejlkvadratet, defineret ved

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{Q}{n - 1}$$

eller kvadratrod af dette udtryk, benævnt middelfvigelsen, som et mål for spredningen.

Der var i og for sig intet i vejen for, at gennemsnitsfejlen

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} |x_{ij} - \bar{x}|}{n}$$

kunne benyttes, men man har fundet det rimeligt at bruge fejlkvadratet, idet store fejl — der betyder en særlig usikkerhed — ved kvadreringen får ekstra vægt.

Inden vi fortsætter udviklingen, vil vi for overskuelighedens skyld føre eksemplet frem til det stade, vi nu er nået til, og beregne de foran udviklede størrelser Q_1 og Q_2 ; beregningerne opstilles i skemaform:

| Serie | Vari- able ℓ_0 | Observ. størrelser | | Serie middeltal | | $(\bar{x}_i - \bar{x})$ | | $(\bar{x}_i - \bar{x})^2$ | $(x_{ij} - \bar{x}_i)$ | | $(x_{ij} - \bar{x}_i)^2$ |
|----------------------|---------------------------|-----------------------|------|--------------------|------|-------------------------|------------------|---------------------------|------------------------|-----|--------------------------|
| | | teori | ex. | teori | ex. | teori | ex. | | teori | ex. | |
| 1 | 0 | x_{11} | 69,4 | \bar{x}_1 | 64,8 | $(\bar{x}_1 - \bar{x})$ | 1,7 | 2,89 | $(x_{11} - \bar{x}_1)$ | 4,6 | 21,16 |
| | | x_{12} | 60,2 | | | | | | $(x_{12} - \bar{x}_1)$ | 4,6 | |
| 2 | t/12 | x_{21} | 62,9 | \bar{x}_2 | 63,1 | $(\bar{x}_2 - \bar{x})$ | 0,0 | 0,00 | $(x_{21} - \bar{x}_2)$ | 0,2 | 0,04 |
| | | x_{22} | 63,2 | | | | | | $(x_{22} - \bar{x}_2)$ | 0,1 | |
| 3 | t/6 | x_{31} | 62,9 | \bar{x}_3 | 60,0 | $(\bar{x}_3 - \bar{x})$ | 3,1 | 9,61 | $(x_{31} - \bar{x}_3)$ | 2,9 | 8,41 |
| | | x_{32} | 57,0 | | | | | | $(x_{32} - \bar{x}_3)$ | 3,0 | |
| 4 | t/4 | x_{41} | 66,9 | \bar{x}_4 | 64,7 | $(\bar{x}_4 - \bar{x})$ | 1,6 | 2,56 | $(x_{41} - \bar{x}_4)$ | 2,2 | 4,84 |
| | | x_{42} | 62,5 | | | | | | $(x_{42} - \bar{x}_4)$ | 2,2 | |
| middeltal $x = 63,1$ | | | | | | | $\Sigma = 15,06$ | $\Sigma = 69,46$ | | | |

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{i=r} n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = 2 \cdot 15,06 = 30,12$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^{i=r} \sum_{j=1}^{j=n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = 69,46$$

For at lette forståelsen af det følgende vil vi her knytte nogle betragtninger til et letoverskueligt eksempel.

Lad os tænke, at vi har en række resultater, der følger de normale fordelingslov (fig. 26).

Vi kan da stille os følgende spørgsmål: Hvor stor er sandsynligheden for, at et vilkårligt resultat falder inden for det skraverede areal F_p mellem linierne $a-a$. Hvis hele arealet mellem absцisseaksen og fejlkurve er F , er denne sandsynlighed som bekendt $\frac{F_p}{F}$. Lad os f. ex. antage, at dette forhold er $\frac{95}{100}$, d. v. s. der er 95 % chance for, at et vilkårligt resultat vil falde inden for det skraverede areal.

Hvis man nu forkaster et resultat, der falder uden for intervallet, fordi man

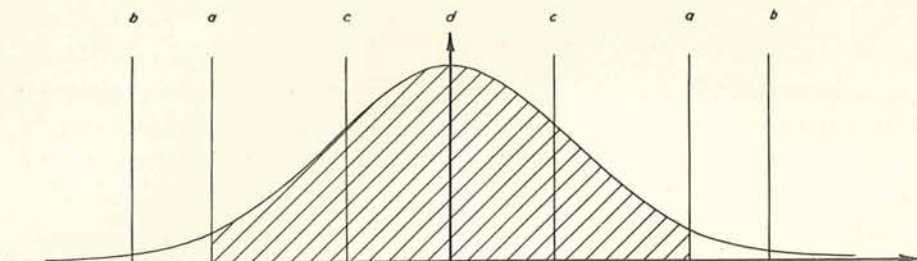


Fig. 26.

mener, at der kan være indløbet en direkte fejl under målingen, så er der altså 5 %'s chance for, at man med urette har forkastet resultatet.

Hvis arealet inden for $b-b$ udgør 99 % af hele arealet, og hvis man forkaster resultatet, der ligger uden for dette interval, er der kun 1 % chance for, at et »rigtig« resultat bliver forkastet.

Det er ikke hermed sagt, at alle resultater, der falder inden for de nævnte intervaller er »rigtige«. Forkerte resultater kan tilfældigvis falde her. Jo større intervallet er, desto større chancer er der for, at et forkert resultat falder i dette. Hvis man derfor skal benytte disse betragtninger som et kriterium for, at et resultat er rigtig, er det et langt grovere kriterium at regne med 99 % intervallet bb end med 95 % intervallet aa .

Hvis man har et »rigtig« resultat (d. v. s. et resultat som følger normalkurven), har man som nævnt 5 %'s chance for at forkaste den, hvis man bruger intervallet $a-a$ som kriterium. Hvis man har middeltallet af to »rigtige« resultater, er sandsynligheden for, at dette netop skal falde i 5 %'s intervallet naturligvis langt mindre. Hvis man derfor stadig ville bruge 5 % grænsen som kriterium for hver enkelt resultats rigtighed, måtte middeltallet falde i et snævrere interval f. eks. intervallet $c-c$. Hvis man havde middeltallet af ∞ mange resultater, måtte dette ifølge hele opbygningen af normalkurven jo, såfremt resultaterne var »rigtige«, netop falde i linien d .

Vi vender nu tilbage til vort oprindelige problem, idet vi dog vil holde os analogien med det lige nævnte eksempel — normal fordelingskurve — for øje.

$\frac{Q}{n-1}$ er som nævnt fejlkvadratet af samtlige resultater, forudsat at alle resultater, uanset hvilken serie de tilhører følger normalfejlkurven.

$\frac{Q}{n-1}$ hører da også til en fordelingskurve, som ganske vist ikke er den samme som normal fordelingskurven.

Til Q_1 , hvor der indgår r observationer svarer fejlkvadratet $\frac{Q_1}{r-1}$. $n-1$ og $r-1$ benævnes frihedsgrader. Q_2 bliver behæftet med et antal frihedsgrader f , der er givet ved $n-1 = r-1 + f$ d. v. s. $f = n-r$, og til Q_2 svarer altså fejlkvadratet $\frac{Q_2}{n-r}$.

Alle disse fejlkvadrater hører til en fordelingskurve, der kan afledes af normalkurven, forudsat at de enkelte resultater virkelig er »rigtige« og bevæger sig efter denne normalkurve.

Danner vi udtrykket

$$F = \frac{\frac{1}{r-1} Q_1}{\frac{1}{n-r} Q_2}$$

vil også dette svare til en fordelingskurve, der kan afledes af normalfordelingskurven.

Hvis vi nu antager, at formlen har ∞ mange resultater både af serier og i serierne, da vil, hvis hypotesen, formlen er rigtig, fejlkvadraterne (tæller og nævner) være ens. Da de begge er resultatet af ∞ mange resultater, der alle har samme fordelingskurve (d. v. s. de må begge svare til en linie d fig. 26; også her er $\frac{Q_1}{n-1}$ og $\frac{Q_2}{n-r}$ middeltal af ∞ mange målinger, og dette middeltal må falde i tyngdepunktslinien) fås altså $F = 1$. Hvis der er færre målinger, er der en bestemt sandsynlighed for, at observationerne falder i et vist interval omkring midtlinien.

Hvis vi nu vil finde et interval, i hvilket der er 95 % chance for, at observationen skal falde, så kan man på grundlag af den til F svarende fordelingskurve, der afhænger af normalfordelingskurven, ved betragtning af arealer udregne størrelsen $F_{5\%}$ af F , en størrelse der jo må være afhængig af antal af observationer, altså af n , og af fordelingskurven, som kan afledes af normalfordelingskurven. Disse forhold er helt i analogi med det foran nævnte eksempel med normalfordelingskurven.

Vi vil her som kriterium benytte 5 %'s grænsen, d. v. s. vi vil forkaste hypotesen (formlen), dersom F findes større end $F_{5\%}$.

I nærværende tilfælde har vi $r-1 = 3$ og $n-r = 4$, med disse to frihedsgrader findes $F_{5\%} = 6,59$ (en række værdier for f. ex. n og r er anført i tabel i Cramér's bog). Hvis F findes større end 6,59, forkastes hypotesen, men det er dog ikke sikkert, at den da er forkert, idet der jo er 5 %'s sandsynlighed for, at en rigtig hypotese giver resultater, der falder uden for 95 % intervallet.

$$\text{I nærværende eksempel fås } F = \frac{\frac{1}{3} \cdot 30,12}{\frac{1}{4} \cdot 69,46} = 0,58.$$

På den anden side er det ikke sikkert, at hypotesen er rigtig, fordi F som her findes mindre end 6,59. En helt forkert hypotese kan jo føre til et resultat, der tilfældigvis netop falder i 95 % intervallet. Men kriteriet viser sig i praxis at være rimeligt. Prøven er skarpere, end det ser ud til ved første øjekast. 95 % intervallet er jo kun en meget lille strækning i forhold til hele den strækning — nemlig hele abscisseaksen — hvorpå et resultat fra en forkert hypotese kan falde.

Brugen af netop 5 % grænsen har ingen matematisk motivering. Det må siges at være en erfaringssag, at netop denne grænse er valgt. Cramér skriver herom: »På mange anvendelsesområder er det blevet praksis at arbejde med en af grænserne 5 %, 1 % eller 0,1 %.« 5 % grænsen, der her er valgt, er, som det fremgår af betragtningerne i eksemplet med normalfordelingskurven, langt den strengeste. Men det synes at være netop denne grænse, man arbejder med ved forsøg af samme karakter som nærværende.

$$\text{En nærmere betragtning af udtrykket } F = \frac{\frac{1}{r-1} Q_1}{\frac{1}{n-r} Q_2} \text{ viser hensigten med netop}$$

at benytte et udtryk af en sådan form som kriterium. I nærværende eksempel er det hensigten at undersøge, om formlen (s. 55) er nøjagtig og giver samme værdi for hver størrelse af e_0 . Hvis nu spredningen af resultaterne inden for hver serie altså for fastholdt e_0 er stor, må man forudsætte, at selv den nøjagtigste formel ikke kan give resultater, der har mindre spredning end den, der forekommer inden for hver serie. Hvis formlen er rigtig, må man gå ud fra, at spredningen er ens, enten man betragter resultater inden for hver serie eller resultater på tværs af serierne.

Q_2 i nævneren afhænger kun af spredningen inden for hver serie, og Q_1 i tælleren afhænger kun af spredningen mellem de seriemiddeltal, der findes, når formlen benyttes for forskellige e_0 -værdier.

Altså: hvis materialet var så homogent, resultaterne så nøjagtige o. s. v., at spredningen inden for hver serie, altså for bestemt e_0 -værdi, var meget lille, blev Q_2 lille, og hvis formlen var nøjagtig, måtte spredningen imellem serierne være tilsvarende lille, d. v. s. $\frac{Q_1}{r-1}$ måtte være lille, d. v. s. F ville nærme sig størrelsesordenen 1 (i højere grad jo større r og n er som nævnt blive nøjagtig 1 for n og $r = \infty$).

Hvis formlen er dårlig, ændres Q_2 ikke, derimod bliver der stor spredning i værdier, der svarer til forskelligt e , d. v. s. tallene vokser, og F kan stige op over den fundne værdi $F_{5\%} = 6,59$.

I eet eneste tilfælde inden for 80 forsøg med piller og mure er dette tilfældet. Det drejer sig om pille nr. 65-68, hvor hver af de to værdier for samme e tilfældigvis falder meget nær hinanden. Man finder her en værdi af $F = 266$, altså en værdi af en helt anden størrelsesorden end den tilladte, hvilket tyder på, at kriteriet er strengt.

Ved undersøgelsen af rigtigheden af formlen

$$P = P_0 \left(1 - \frac{2e_0\beta}{t} \right)$$

er iøvrigt fundet følgende F -værdier:

| Materiale | Antal | F | | $F_{5\%}$ | Middelfvigelse % | |
|-----------|-------|-------|--------|-----------|------------------|--------|
| | | Mure | Piller | | Mure | Piller |
| F+KM | 8 | 0,58 | 1,53 | 6,59 | 6,0 | 7,7 |
| F+KCM | 8 | 0,12 | 7,00 | » | 7,3 | 10,0 |
| F+CM | 8 | 4,67 | 6,00 | » | 11,4 | 15,7 |
| M+KM | 8 | 2,25 | 2,44 | » | 8,6 | 11,8 |
| G+KM | 4 | | 0,80 | 18,51 | | 21,6 |
| G+KCM | 4 | 4,82 | 11,8 | » | 7,6 | 8,8 |
| K+KM | 4 | | 1,34 | » | | 11,8 |
| K+KCM | 4 | 5,31 | 0,52 | » | 15,9 | 25,4 |
| K+CM | 4 | | 2,89 | » | | 17,5 |
| F+M+KM | 8 | 1,97 | 5,70 | 6,59 | 25,3 | 11,2 |
| F+M+KCM | 8 | 0,77 | 6,25 | » | 9,8 | 9,8 |
| F+G+KM | 4 | 2,08 | 0,006 | 18,51 | 7,2 | 7,1 |
| F+G+KCM | 4 | 0,005 | 267 | » | 5,2 | 6,6 |
| F+K+KM | 4 | 9,45 | 0,081 | » | 6,6 | 2,9 |
| F+K+KCM | 4 | 4,65 | 12,6 | » | 5,7 | 8,6 |

Murværksformlen.

Formlen:

$$\sigma_M^c = (0,8 + 0,1 \sigma_m^c) \sqrt{\sigma_s^c} \quad \text{for } \sigma_m^c < 18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_M^c = \sqrt[3]{\sigma_m^c} \sqrt{\sigma_s^c} \quad \text{for } \sigma_m^c > 18 \text{ kg/cm}^2$$

er for så vidt angår egne forsøg underkastet en variansanalyse; F fandtes til 3,29, $F_{5\%} = 3,51$. Middelfvigelsen for egne forsøg var 14,5 %.

På de fremmede forsøg lod en variansanalyse sig ikke udføre; middelfvigelsen for de fremmede forsøg er derimod beregnet med det resultat, at den varierede fra 15,8 % til 23 %.

Trestensformlen.

For trestensformlen

$$\sigma_M^c = \left(0,3 + 0,5 \sqrt{\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}} \right) \sigma_{3st}^c$$

fandtes for 10 mulige kontrollerede mure $F = 3,92$; $F_{5\%} = 5,19$. Middelfvigelsen blev 8 %.

Forholdet $\sigma_M/\sigma_P = 0,92$.

Forholdet $\sigma_M/\sigma_P = 0,92$ er undersøgt for 72 mure og piller; variansanalysen gav $F = 1,46$, medens $F_{5\%} = 1,63$. Middelfvigelsen blev 12 %.

English Summary

There is a steadily increasing use of light heat-insulating bricks combined with ordinary brick tiles as a face-brick. The determination of the dimensions of walls laid in this way is for the present being carried out purely on a basis of estimation—the view being taken that the walls are eccentrically loaded with the force acting across the weak bricks.

A long series of experiments was undertaken at the Building Technique Laboratory (Laboratoriet for Bygningsteknik) from April 1949 to March 1950, in order to throw light on the problems which arise in connection with eccentrically loaded brickwork, both when laid with uniform bricks and with mixed bricks.

The types of bricks used included common brick, "moler" brick, gas concrete brick and "leca" concrete brick. Mortars used were ordinary lime mortar, lime-cement mortar and cement mortar.

Experiments were conducted with a total of 76 walls of $1\frac{1}{2}$ bricks in thickness ($h = 260$ cm., $b = 85$ cm.) and 84 piers of $1\frac{1}{2}$ bricks square ($h = 120$ cm.). The walls and piers were both laid in uniform brickwork as well as with common brick on the one side and light brick on the other. The different mortars were combined with these in turn.

The brickwork was loaded both centrally and eccentrically (with varying eccentricities) and the breaking load and deflection characteristics of a number of loadings were measured. On page 21 is tabulated a summary of the range of the experiments.

Along with the experiments on the piers and the walls, there were a number of tests carried out on the single bricks, on the mortars alone and finally on test pieces made up of three bricks bound together with mortar.

The main findings of the experiments can be summarized in the following points:—

1) The average strengths obtained, in kg/cm^2 , for brickwork of uniform bricks after setting for 28 days, were as follows:

| Type of Brick \ Mortar | Lime mortar | Lime-cement mortar | Cement mortar |
|-----------------------------|-------------|--------------------|---------------|
| Common brick | 22 | 46 | 86 |
| "Moler" brick | 15 | — | — |
| Gas Concrete brick | 16 | 29 | — |
| "Leca" concrete brick | 15 | 25 | 46 |

2) Based on the strength of brickwork obtained, σ_M^c ; on the strength of the brick, σ_s^c , determined by testing two half-bricks united by cement mortar; and on the strength of the mortar σ_m^c found by the testing of 2 cm. cubes; the following empirical expressions were set up for the dependence of the strength of brickwork upon the strength of the brick and of the mortar, (p. 34).

$$\begin{aligned} \sigma_M^c &= (0,8 + 0,1 \sigma_m^c) \sqrt{\sigma_s^c} && \text{for } \sigma_m^c \leq 18 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_M^c &= \sqrt[3]{\sigma_m^c} \sqrt{\sigma_s^c} && \text{for } \sigma_m^c > 18 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

The correctness of the expressions has been verified also by the findings of other independent research workers.

3) No connection was found between the strength of brickwork and the strength of 3 bricks (test pieces of 3 bricks united by mortar) alone, but the following empirical formula was evolved for the dependence of strength of brickwork upon the strengths of the brick, of the mortar and of the three-brick pieces (p. 37):

$$\sigma_M^c = \left(0.3 + 0.5 \sqrt{\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}} \right) \sigma_{3st}^c.$$

As the coefficient $\left(0.3 + 0.5 \frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c} \right)$ is not very sensitive to variations in $\frac{\sigma_m^c}{\sigma_s^c}$, an approximate knowledge of σ_m^c and σ_s^c will be sufficient to enable a prediction of the strength of brickwork to be made, on a basis of the strength of 3-brick pieces. The 3-brick test pieces are also well suited for the routine tests.

4) The ratio of wall strength with walls of $1\frac{1}{2}$ bricks thick ($b = 3\frac{1}{2}$ bricks, $h = 39$ courses) to pier strength ($1\frac{1}{2}$ bricks square, $h = 18$ courses) was found to average 0.9 (p. 38).

5) The strength of walls built of common brick as facing-brick with light brick in the inner wall was found to be usually the same as that of walls built entirely of light brick (see figures 19 and 20 p. 42 and 43).

6) For the calculation of eccentrically loaded brickwork the following formula can be used (p. 40):

$$P = P_0 \left(1 - \frac{2 e_0 \beta^2}{t} \right)$$

where $P \sim$ ultimate load (t),

$P_0 \sim$ ultimate load for central loading, (t)

$e_0 \sim$ eccentricity (cm),

$t \sim$ thickness (cm),

$\beta \sim$ a coefficient which is dependent of the ratio $\frac{h}{t}$, h being height of wall, and the strength and elasticity of the component materials. For the materials and wall dimensions concerned with in these experiments, the following values of β were found:

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| for common brick in lime mortar | $\beta \approx 1.45$ |
| for weak brick in lime mortar | $\beta \approx 1.25$ |
| for all bricks in stronger mortars | $\beta \approx 1.10$ |

The formulas are valid both for walls of uniform brick as well as for brickwork faced with common brick and having light brick in the inner wall.

7) Determination of the elastic modulus E for brickwork is beset with great uncertainty. For brickwork of uniform bricks after 28 days setting, over a range from unloaded to safe load, the average values of E in kg/cm^2 were found as follows (p.51):

| Brick \ Mortar | Mortar | | |
|---------------------------------|-------------|--------------------|---------------|
| | Lime Mortar | Lime-cement Mortar | Cement Mortar |
| Common brick | 4000 | 60000 | 70000 |
| "Moler" brick | 4000 | — | — |
| Gas Concrete brick | 6000 | 20000 | — |
| "Leca" Concrete brick | 4000 | 20000 | 60000 |

In these experiments there has not been found to be any connection between the strength and the elastic coefficient of the bricks.

8) The strength of the brickwork in these experiments (2 walls, 174 3-brick test pieces) has increased very slowly with age. The elastic coefficient has risen considerably faster (p. 48).

9) Inadequate filling of the butt joints has been found by these experiments to have practically no effect on the strength (p. 49).

10) The type of bond has been found by these experiments to have virtually no influence on the strength (p. 47).

STYRKERESULTATER

BILAG 2

| Materiale | e/k | Mure | | | | | | | Piller | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|------|--------------------|--|---|----------------|----------------|--|--------|---------------------|--|---|----------------|----------------|--|-------------|
| | | nr. | brud- last t | 3-stens- styrke kg/cm ² | mørtel- styrke kg/cm ² | | | σ_{Brud} kg/cm ² (side 42) | nr. | brud- last- t | 3-stens- styrke kg/cm ² | mørtel- styrke kg/cm ² | | | σ_{Brud} kg/cm ² (side 42) | |
| | | | | | σ_b | $\sigma_{c,2}$ | $\sigma_{c,7}$ | | | | | σ_b | $\sigma_{c,2}$ | $\sigma_{c,7}$ | | |
| NI + KCM $\sigma_s^c = 83$ | 0 | 30 | 42,9 | 31 | 4 | 10 | 3 | 14,5 | 17 | 22,3 | | | | | 18,6 | |
| | 0 | 31 | 36,9 | 30 | 6 | 8 | 4 | 12,5 | 18 | 23,0 | | | | | 18,4 | |
| | $\frac{1}{2}$ | 32 | 33,0 | 34 | 5 | 8 | 5 | 13,9 | 19 | 17,5 | 31 | 7 | 10 | 5 | 17,2 | |
| | $\frac{1}{2}$ | 33 | 36,4 | 32 | 4 | 7 | 5 | 15,5 | 20 | 14,3 | | | | | 14,2 | |
| | I | 36 | 27,4 | 27 | 6 | 8 | 5 | 16,1* | 57 | 12,2 | | | | | 14,4 | |
| | I | 37 | 27,1 | 28 | 9 | 9 | 5 | 15,8 | 58 | 12,5 | | | | | 15,4 | |
| | $1\frac{1}{2}$ | 38 | 16,7 | 30 | 6 | 8 | 4 | 15,2 | 59 | 8,3 | 31 | 7 | 9 | 4 | 13,6 | |
| | $1\frac{1}{2}$ | 39 | 18,4 | 28 | 5 | 6 | 6 | 16,8 | 60 | 10,0 | | | | | 16,4 | |
| | | | | | | | | middel 15,0 | | | | | | | | middel 16,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G + KCM $\sigma_s^c = 63$ | 0 | 49 | 42,1 | 25 | 7 | 12 | - | 14,9 | 49 | 26,5 | | | | | 20,9 | |
| | 0 | | | | | | | | 50 | 22,0 | | | | | 17,8 | |
| | I | | | | | | | | 51 | 14,3 | 28 | 9 | 17 | - | 17,1 | |
| | I | | | | | | | | 52 | 16,0 | | | | | 19,0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | middel 18,7 | |
| G + KCM $\sigma_s^c = 63$ | 0 | 75 | 77,1 | 42 | 11 | 31 | 11 | 25,7 | 61 | 38,0 | | | | | 30,8 | |
| | 0 | 76 | 85,1 | 43 | 11 | 27 | 15 | 28,3 | 62 | 35,7 | | | | | 28,4 | |
| | I | 77 | 58,4 | 42 | 13 | 43 | 12 | 30,8 | 63 | 27,5 | 41 | 15 | 29 | 12 | 32,8 | |
| | I | 78 | 56,3 | 43 | 13 | 42 | 14 | 29,8 | 64 | 29,0 | | | | | 34,5 | |
| | | | | | | | | middel 28,7 | | | | | | | | middel 31,6 |
| K + KCM $\sigma_s^c = 65$ | 0 | | | | | | | | 69 | 18,7 | | | | | 14,9 | |
| | 0 | | | | | | | | 70 | 20,5 | | | | | 16,1 | |
| | I | | | | | | | | 71 | 10,2 | 33 | 8 | 13 | 6 | 12,0 | |
| | I | | | | | | | | 72 | 12,7 | | | | | 15,3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | middel 14,6 | |
| K + KCM $\sigma_s^c = 65$ | 0 | 71 | 75,0 | 45 | 17 | 50 | 9 | 25,1 | 81 | 33,5 | | | | | 26,6 | |
| | 0 | 72 | 59,9 | 36 | 9 | 18 | 5 | 20,1 | 82 | 22,0 | | | | | 17,4 | |
| | I | 73 | 52,9 | 44 | 10 | 24 | 11 | 27,9 | 83 | 26,9 | 41 | 16 | 49 | 16 | 32,7 | |
| | I | 74 | 55,4 | 44 | 10 | 22 | 7 | 29,5 | 84 | 18,5 | | | | | 22,0 | |
| | | | | | | | | middel 25,7 | | | | | | | | middel 27,1 |

4/10

1/10

0.6

0.6

| Materiale σ_{st} kg/cm ² | e/k | Mure | | | | | | | Piller | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|--------------------|--|----|---|----------------|----------------|--|-----|--------------------|--|---|----------------|----------------|--|
| | | nr. | brud- last t | 3-stens- styrke kg/cm ² | | mørtel- styrke kg/cm ² | | | σ_{Brud} kg/cm ² (side 42) | nr. | brud- last t | 3-stens- styrke kg/cm ² | mørtel- styrke kg/cm ² | | | σ_{Brud} kg/cm ² (side 42) |
| | | | | F | K | σ_b | $\sigma_{c,2}$ | $\sigma_{c,7}$ | | | | | σ_b | $\sigma_{c,2}$ | $\sigma_{c,7}$ | |
| F_{II} + K_K + K_{KNI} | o | 63 | 43,4 | 53 | 28 | 8 | 6 | 7 | 14,8 | 73 | 20,1 | | | | | 16,2 |
| | o | 64 | 45,7 | 57 | 31 | 8 | 8 | 7 | 15,5 | 74 | 20,0 | F | 56 | | | 15,9 |
| $\sigma_s^c F =$ | | | | | | | | | | | | | | 8 | 10 | 6 |
| 297 | I | 65 | 22,9 | 57 | 30 | 9 | 10 | 5 | 13,2 | 75 | 13,0 | K | 30 | | | 15,6 |
| $\sigma_s^c K = 65$ | I | 66 | 23,9 | 65 | 30 | 9 | 14 | 7 | 13,7 | 76 | 13,9 | | | | | 16,8 |
| | | | | | | | | | middel 14,3 | | | | | | | middel 16,1 |
| F_{II} + K_K K_{KNI} | o | 67 | 112,9 | 98 | 40 | 11 | 27 | 8 | 38,1 | 77 | 49,7 | | | | | 39,6 |
| | o | 68 | 121,9 | 90 | 40 | 11 | 27 | 9 | 41,0 | 78 | 45,7 | F | 93 | | | 36,4 |
| $\sigma_s^c F =$ | | | | | | | | | | | | | | 11 | 28 | 11 |
| 297 | I | 69 | 81,7 | 104 | 43 | 7 | 19 | - | 43,2 | 79 | 36,5 | K | 44 | | | 43,8 |
| $\sigma_s^c K = 65$ | I | 70 | 80,0 | 82 | 44 | 8 | 19 | - | 42,8 | 80 | 36,7 | | | | | 43,8 |
| | | | | | | | | | middel 41,3 | | | | | | | middel 40,9 |
| K_K + C_{KNI} | o | | | | | | | | | 85 | 45,5 | | | | | 35,6 |
| | o | | | | | | | | | 86 | 60,5 | | | | | 47,6 |
| $\sigma_s^c = 65$ | I | | | | | | | | | | | 53 | 49 | 185 | 106 | |
| | I | | | | | | | | | 87 | 47,0 | | | | | 54,9 |
| | I | | | | | | | | | 88 | 42,5 | | | | | 50,4 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | middel 47,1 |
| F_I + K_{KNI} | o | 9 ¹ | 65,6 | 64 | | - | - | - | 22,5 | | | | | | | |
| | o | 10 ¹ | 67,9 | 58 | | 6 | 8 | 6 | 23,0 | | | | | | | |
| $\sigma_s^c = 191$ | o | 3 ² | 61,4 | 64 | | 4 | 6 | - | 20,8 | | | | | | | |
| | o | 13 ² | 59,4 | 52 | | 7 | 9 | 8 | 19,9 | | | | | | | |
| F_{II} + M_I + K_{KNI} | o | 40 | 44,4 | 56 | 30 | 5 | 8 | 6 | 15,0 | 39 | 22,0 | | | | | 17,7 |
| | o | 34 ³ | 41,9 | 49 | 37 | 6 | 9 | - | 14,3 | 40 | 22,4 | F | 51 | | | 17,9 |
| $\sigma_s^c F =$ | | | | | | | | | | | | | | 9 | 7 | 6 |
| 297 | $\frac{1}{2}$ | 41 | 31,7 | 60 | 25 | 7 | 7 | 5 | 13,5 | 37 | 17,0 | M | 28 | | | 16,8 |
| $\sigma_s^c M =$ | $\frac{1}{2}$ | 35 ³ | 31,9 | 36 | 30 | 8 | 9 | - | 13,6 | 38 | 16,3 | | | | | 15,7 |
| 83 | I | 42 | 23,9 | 60 | 29 | 9 | 9 | 4 | 13,9 | 33 | 12,5 | | | | | 15,4 |
| | I | 44 | 25,7 | 58 | 28 | 7 | 11 | 5 | 14,9 | 34 | 12,2 | F | 60 | | | 14,7 |
| | $I\frac{1}{2}$ | 43 | 17,1 | 52 | 31 | 9 | 9 | 4 | 15,5 | 35 | 7,8 | M | 30 | 10 | 8 | - |
| | $I\frac{1}{2}$ | 45 | 16,9 | 44 | 26 | 6 | 6 | 4 | 15,2 | 36 | 9,5 | | | | | 12,8 |
| | | | | | | | | | middel 14,5 | | | | | | | middel 15,7 |

¹ Akkordmuring.

² 3 måneder gamle.

³ Mur nr. 34 og 35 udført med en flamstensort der kun er brugt i disse to.

DEFORATIONER

(Alle ϵ og $s \times 10^3$)

BILAG 5

Mure (FI+KMI)

Piller (FI+KMI)

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|--------------|---|--------------|--|--------------|--|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | | | | | | 0 | 0 |
| 1 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0 | 8 | | | | | 1 | 1 |
| 2 | 3,2 | 0,4 | 0,2 | 50 | | | | | | 7 | 4 |
| | 6,7 | 1,3 | 0,6 | 149 | | | | | | 13 | 9 |
| | 10,1 | 1,7 | 0,8 | 261 | | | | | | 17 | 12 |
| | 13,6 | 1,9 | 0,9 | 336 | | | | | | 18 | 18 |
| | 17,0 | 2,5 | 1,3 | 437 | | | | | | 23 | |
| | 20,4 | 3,0 | 1,6 | 499 | | | | | | 23 | |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 22,3 | | | | | | | | | | |

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|--------------|-----|--------------|--|--------------|--|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 |
| 25 | 1,2 | 25 | 15 | | | | | 1 | 1 |
| 26 | 2,7 | 55 | 36 | | | | | 3 | 2 |
| | 5,1 | 134 | 94 | | | | | 5 | 6 |
| | 7,5 | 215 | 212 | | | | | 6 | 7 |
| | 9,8 | 295 | 312 | | | | | 10 | 8 |
| | 12,2 | 375 | 389 | | | | | 10 | 10 |
| | 14,5 | 410 | 445 | | | | | 12 | 13 |
| | 16,9 | 487 | 480 | | | | | 15 | 15 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 23,2 | | | | | | | | |

| $e=0,5 k$ | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | $\epsilon_v^{(*)}$ | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------------|-----|-------|-------|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 5 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 4 | 40 | 5 | 10 | 5 | 40 | | |
| 6 | 3,2 | 4,3 | 3,0 | 18 | 158 | 22 | 42 | 25 | 148 | | |
| | 6,7 | 12,5 | 8,2 | 39 | 426 | 26 | 425 | 65 | 356 | | |
| | 10,1 | 19,6 | 12,9 | 58 | 655 | 13 | 660 | 125 | 480 | | |
| | 13,5 | 27,5 | 18,1 | 67 | 919 | | | 245 | 642 | | |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 16,4 | | | | | | | | | | |

| $e=0,5 k$ | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|-------|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 1,2 | 10 | 40 | 9 | 50 | 4 | 6 | 1 | 4 |
| 28 | 2,8 | 20 | 86 | 20 | 123 | 8 | 12 | 2 | 8 |
| | 5,1 | 49 | 204 | 45 | 266 | 20 | 31 | 3 | 13 |
| | 7,5 | 81 | 317 | 81 | 398 | 38 | 53 | 4 | 16 |
| | 9,9 | 120 | 421 | 119 | | 55 | 71 | 6 | 20 |
| | 12,2 | 152 | 509 | 149 | | 60 | 85 | 8 | 23 |
| | 14,6 | 186 | 601 | 184 | | 74 | 119 | 10 | |
| | 19,6 | 16,9 | | 205 | | 80 | 200 | | 4 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 19,6 | | | | | | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | $\epsilon_v^{(*)}$ | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------------|-----|-------|-------|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | -1 | 15 | 0 | 20 | 0 | 25 | 1 | 0 |
| 8 | 1,5 | 1,4 | 0,8 | -2 | 30 | 0 | 39 | 0 | 49 | -3 | 0 |
| | 3,2 | 6,6 | 4,0 | -24 | 191 | -16 | 177 | 0 | 149 | -3 | 0 |
| | 5,0 | 14,3 | 8,6 | -54 | 396 | -39 | 359 | 0 | 323 | -4 | 0 |
| | 6,7 | 20,4 | 12,9 | -90 | 520 | -82 | 538 | 0 | 565 | -4 | -1 |
| | 8,4 | | | | | | | 0 | 675 | | -1 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 10,5 | | | | | -97 | | | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|-------|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 1,2 | 1 | 20 | -4 | 40 | 1 | 10 | 1 | 1 |
| 32 | 2,4 | 3 | 62 | -8 | 89 | 2 | 29 | 2 | 2 |
| | 4,4 | 2 | 196 | -18 | 220 | 4 | 87 | 4 | 3 |
| | 6,4 | -5 | 302 | -19 | 331 | 7 | 126 | 4 | 4 |
| | 8,4 | -6 | 434 | -20 | 475 | 13 | 167 | 4 | 6 |
| | 10,4 | -5 | 519 | -20 | | 15 | 187 | 4 | 8 |
| | 14,6 | 12,4 | | -11 | 665 | -25 | | 20 | 214 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 14,6 | | | | | | | | |

| $e=1,5 k$ | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | $\epsilon_v^{(*)}$ | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------------|-----|-------|-------|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0,8 | 2,0 | 1,5 | -10 | 50 | -20 | 50 | 0 | 20 | -2 | 5 |
| 12 | 1,9 | 4,6 | 3,0 | -25 | 106 | -39 | 117 | 0 | 108 | -5 | 11 |
| | 2,9 | 10,4 | 6,8 | -85 | 240 | -95 | 278 | 0 | 188 | -6 | 13 |
| | 3,9 | 19,3 | 12,9 | -174 | 390 | -186 | 513 | 0 | 310 | -8 | 20 |
| | 5,0 | 28,2 | 19,4 | -288 | 553 | | | | | -8 | 28 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 6,1 | | | | | | | | | | |

| $e=1,5 k$ | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------|-------|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 1,2 | -10 | 50 | -10 | 50 | 0 | 5 | 12 | 0 |
| 30 | 2,0 | -15 | 82 | -18 | 82 | 0 | 6 | 20 | 1 |
| | 3,6 | -42 | 204 | -46 | 215 | 0 | 25 | 28 | 1 |
| | 5,2 | -58 | 308 | -71 | 345 | 1 | 37 | 36 | 1 |
| | 6,8 | -79 | 415 | -91 | 450 | 1 | 45 | 39 | 1 |
| | 8,4 | -95 | 508 | -107 | | 2 | 54 | 51 | 1 |
| | 10,0 | | | -115 | | | | 70 | |
| | 13,8 | 11,6 | | -129 | | | | | |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 13,8 | | | | | | | | |

*) Maalt over 1 stødfluge, målelængden 5 cm.

Mure (FI + CM)

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ε_L | | ε_t | ε_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|-------|
| | σ | u mm | | σ | ε | | σ | ε | | |
| | mm | | | mm | | | mm | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 9 | 10 | 4 | 4 | 1 | 1 | 0 |
| | 13,2 | 0,1 | 0,0 | 19 | 19 | 8 | 10 | 2 | 2 | 0 |
| | 19,9 | 0,1 | 0,0 | 29 | 29 | 8 | 16 | 3 | 3 | 0 |
| | 26,6 | 0,0 | 0,0 | 41 | 39 | 11 | 23 | 4 | 4 | 0 |
| | 33,3 | 0,0 | 0,0 | 53 | 52 | 14 | 29 | 6 | 6 | 0 |
| | 40,1 | 0,1 | 0,0 | 65 | 62 | 18 | 37 | 8 | 8 | 0 |
| | 46,8 | 0,1 | 0,0 | 79 | 74 | 19 | 42 | 11 | 11 | 0 |
| | 53,5 | 0,1 | 0,0 | 93 | 91 | 26 | 49 | | | |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 60,2 | 0,2 | 0,0 | 107 | 107 | 31 | 57 | | | |
| | 71,6 | 66,9 | | 123 | | 45 | | | | |

Piller (FI + CM)

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| | σ | u | | | | | |
| | mm | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2,0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 8,4 | 9 | 11 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| | 16,4 | 21 | 24 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| | 24,4 | 30 | 32 | 3 | 11 | 3 | 3 |
| | 32,4 | 39 | 44 | 3 | 15 | 4 | 4 |
| | 40,4 | 51 | 57 | 5 | 20 | 7 | 7 |
| | 48,4 | 65 | 69 | 8 | 24 | 9 | 9 |
| | 56,4 | 77 | 89 | 18 | | | |
| | 60,4 | | 99 | 24 | | | |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 72,4 | | 130 | 88 | | | |
| | 77,2 | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ε_L | | ε_t | ε_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|-------|
| | σ | u mm | | σ | ε | | σ | ε | | |
| | mm | | | mm | | | mm | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 24 | 6,6 | 0,1 | 0,0 | 4 | 14 | 11 | 20 | 0 | 2 | 0 |
| | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7 | 26 | 19 | 36 | 0 | 5 | 3 |
| | 20,1 | 0,4 | 0,4 | 10 | 44 | 27 | 53 | 0 | 9 | 5 |
| | 26,9 | 0,7 | 0,8 | 14 | 60 | 29 | 70 | 0 | 13 | 7 |
| | 33,6 | 1,1 | 1,1 | 18 | 76 | 33 | 92 | 0 | 17 | 9 |
| | 40,5 | 1,4 | 1,4 | 21 | 97 | 36 | 114 | 0 | 21 | 12 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 47,2 | 2,2 | 2,0 | 24 | 119 | 38 | 140 | 0 | 32 | 14 |
| | 71,8 | 54,0 | 2,9 | 25 | 143 | | | | 71 | 22 |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ε_L | | ε_t | ε_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|-------|
| | σ | u mm | | σ | ε | | σ | ε | | |
| | mm | | | mm | | | mm | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2,0 | 1 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 8,4 | 5 | 15 | 9 | 23 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | 16,4 | 10 | 30 | 14 | 37 | 0 | 1 | 0 | 9 | 1 |
| | 24,4 | 14 | 46 | 19 | 57 | 0 | 1 | 1 | 16 | 1 |
| | 32,4 | 18 | 65 | 23 | 79 | 0 | 3 | 2 | 23 | 1 |
| | 40,4 | 22 | 84 | 25 | 97 | 0 | 9 | 3 | 30 | 2 |
| | 48,4 | 25 | 104 | 29 | 115 | 1 | 12 | 4 | 38 | 2 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 56,4 | 29 | 126 | 35 | 141 | 1 | 15 | 6 | 46 | 2 |
| | 94,4 | | | | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ε_L | | ε_t | ε_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|-------|
| | σ | u mm | | σ | ε | | σ | ε | | |
| | mm | | | mm | | | mm | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0,8 | 0,2 | 0,0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 28 | 6,5 | 1,1 | 0,4 | -1 | 14 | 0 | 22 | 0 | 2 | -2 |
| | 13,3 | 2,1 | 0,8 | -2 | 34 | -4 | 40 | 0 | 4 | -3 |
| | 20,1 | 3,0 | 1,4 | -4 | 55 | -7 | 67 | -1 | 8 | -4 |
| | 26,8 | 4,0 | 1,9 | -8 | 80 | -11 | 98 | -1 | 16 | -5 |
| | 33,5 | 5,0 | 2,5 | -14 | 101 | -18 | 128 | -1 | 24 | -5 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 40,3 | 6,5 | 3,7 | -24 | 137 | -31 | 170 | -1 | 38 | -1 |
| | 55,0 | 47,0 | | | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ε_L | | ε_t | ε_v | | s_t | s_v |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|-------|
| | σ | u mm | | σ | ε | | σ | ε | | |
| | mm | | | mm | | | mm | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1,0 | -2 | 5 | -4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | 6,5 | -10 | 29 | -6 | 26 | -1 | 5 | 0 | 9 | 0 |
| | 12,7 | -20 | 55 | -16 | 51 | -1 | 6 | 0 | 20 | 0 |
| | 19,1 | -33 | 94 | -25 | 78 | -1 | 11 | 0 | 33 | 0 |
| | 25,4 | -48 | 115 | -37 | 113 | -2 | 21 | 0 | 45 | -1 |
| $\bar{\sigma}^e =$ | 31,8 | -65 | 149 | -53 | 147 | -2 | 26 | -1 | 57 | -1 |
| | 49,8 | 38,1 | -89 | 190 | -82 | 203 | -3 | 33 | -1 | 77 |

Mur (G + KN)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 12 | 12 | 3 | 2 | 0 |
| | 1,0 | -0,2 | 0,0 | 16 | 16 | 5 | 3 | 0 |
| | 2,0 | -0,2 | 0,0 | 42 | 31 | 6 | 13 | 1 |
| | 3,0 | -0,2 | 0,0 | 57 | 50 | 12 | 23 | 3 |
| | 4,0 | -0,1 | 0,2 | 76 | 70 | 16 | 33 | 4 |
| | 5,0 | -0,1 | 0,2 | 93 | 88 | 20 | 42 | 6 |
| | 6,0 | 0,0 | 0,3 | 112 | 109 | 29 | 51 | 9 |
| | 7,0 | 0,1 | 0,4 | 134 | 135 | 36 | 60 | 13 |
| | 8,0 | | 0,7 | 146 | 163 | 42 | 70 | 15 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 10,0 | 0,7 | | | 206 | 57 | | |
| 14,9 | 13,4 | | | | 290 | 91 | | |

Mure (F + KN, 3 måneder)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0,9 | 0,0 | 0,1 | 8 | 10 | 2 | 3 | 1 |
| 13 | 1,9 | 0,1 | 0,2 | 14 | 19 | 4 | 5 | 2 |
| | 3,9 | 0,2 | 0,3 | 31 | 45 | 8 | 11 | 4 |
| | 6,0 | 0,5 | 0,5 | 59 | 78 | 16 | 16 | 7 |
| | 8,0 | 0,7 | 0,8 | 94 | 117 | 30 | 19 | 11 |
| | 10,1 | 1,1 | 1,0 | 138 | 162 | 49 | 22 | 15 |
| | 12,1 | 1,4 | 1,3 | 186 | 209 | 67 | 25 | 19 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 14,1 | 1,6 | 1,4 | 230 | 238 | 86 | 27 | 24 |
| 20,3 | 16,1 | 2,1 | 1,7 | 284 | 310 | 114 | | |

Mure (G + KN)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 3 | 4 | 0 | 2 | 1 |
| 76 | 2,6 | 0,1 | 0,1 | 14 | 16 | 1 | 7 | 2 |
| | 5,3 | 0,1 | 0,1 | 29 | 33 | 2 | 16 | 4 |
| | 8,0 | 0,2 | 0,1 | 45 | 50 | 5 | 31 | 6 |
| | 10,6 | 0,2 | 0,1 | 61 | 68 | 8 | 46 | 9 |
| | 13,3 | 0,3 | 0,2 | 80 | 87 | 12 | 61 | 13 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 15,9 | 0,4 | 0,2 | 99 | 108 | 16 | 82 | 17 |
| 27,0 | 18,6 | 0,5 | 0,2 | 119 | 130 | 21 | 103 | 22 |

| e=k | $\bar{\sigma}$ | u mm | f mm | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0 | 7 | -1 | 1 | 0 |
| 78 | 2,0 | 0,5 | 0,3 | -1 | 23 | -1 | 24 | -3 |
| | 4,0 | 1,3 | 0,8 | -1 | 45 | -2 | 46 | -3 |
| | 6,0 | 2,1 | 1,2 | -1 | 69 | -1 | 71 | -4 |
| | 8,0 | 3,0 | 1,7 | -2 | 95 | -2 | 97 | -4 |
| | 10,0 | 4,0 | 2,3 | -3 | 125 | -6 | 128 | -5 |
| | 12,0 | 5,4 | 3,2 | -6 | 160 | -10 | 164 | -6 |
| | 14,0 | 6,7 | 4,1 | -11 | 197 | -22 | 200 | -7 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 16,0 | | | | | -26 | 243 | -12 |
| 19,2 | | | | | | | | 53 |

Piller (G + KN)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 1,2 | 12 | 12 | 2 | 6 | 1 |
| 50 | 2,0 | 19 | 20 | 5 | 10 | 2 |
| | 3,6 | 37 | 44 | 6 | 22 | 4 |
| | 5,2 | 59 | 64 | 10 | 38 | 8 |
| | 6,8 | 81 | 90 | 17 | 54 | 12 |
| | 8,4 | 107 | 117 | 24 | 71 | 16 |
| | 10,0 | 135 | 146 | 32 | 88 | 21 |
| | 11,6 | 159 | 176 | 41 | 112 | 26 |
| | 13,2 | 187 | 208 | 51 | 130 | 31 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 14,8 | 216 | 243 | 62 | 141 | 36 |
| 19,4 | 18,0 | 290 | 316 | 106 | 163 | 48 |

| e=k | $\bar{\sigma}$ | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 1,2 | 1 | 23 | 0 | 20 | 0 |
| 52 | 2,0 | 1 | 39 | -1 | 30 | 0 |
| | 3,6 | 4 | 87 | 1 | 79 | 0 |
| | 5,2 | 7 | 130 | 5 | 114 | 0 |
| | 6,8 | 10 | 190 | 8 | 192 | 0 |
| | 8,4 | 9 | 258 | 4 | 263 | 0 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 10,0 | 6 | 335 | -4 | 350 | 0 |
| 12,0 | | | | 117 | | 180 |

Piller (G + KN)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 1,2 | 4 | 7 | 1 | 5 | 1 |
| 62 | 4,4 | 16 | 27 | 4 | 20 | 4 |
| | 8,4 | 37 | 54 | 5 | 41 | 8 |
| | 12,5 | 60 | 85 | 10 | 68 | 14 |
| | 16,5 | 89 | 125 | 17 | 97 | 22 |
| | 20,5 | 125 | 153 | 28 | 129 | 33 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 24,5 | 160 | 211 | 45 | 178 | 51 |
| 29,6 | | | | | | |

| e=k | $\bar{\sigma}$ | ε_L | ε_t | ε_v | s_t | s_v |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 1,2 | 0 | 10 | 1 | 12 | 0 |
| 64 | 2,8 | 1 | 22 | 3 | 29 | 0 |
| | 5,2 | 1 | 42 | 3 | 53 | 0 |
| | 7,5 | 2 | 70 | -1 | 84 | 1 |
| | 9,9 | 1 | 96 | -4 | 116 | 1 |
| | 12,3 | -2 | 128 | -3 | 154 | 0 |
| | 14,7 | -6 | 164 | -11 | 201 | -1 |
| | 17,1 | | | -22 | 251 | -2 |
| $\bar{\sigma}^c$ | 18,5 | | | -30 | 319 | -2 |
| 22,4 | 19,9 | | | | | -3 |

Mure (F II + M + KCM)

Piller (F II + M + KCM)

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ mm | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 46 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 |
| | 2,7 | 0,3 | 0,2 | 2 | 16 | 3 | 20 | 0 | 3 | 2 | 13 | 0 |
| | 5,4 | 0,7 | 0,6 | 5 | 33 | 5 | 39 | 0 | 4 | 4 | 29 | 0 |
| | 8,1 | 1,2 | 1,0 | 8 | 52 | 6 | 57 | 0 | 7 | 6 | 48 | 0 |
| | 10,8 | 1,7 | 1,3 | 11 | 71 | 8 | 78 | 0 | 10 | 8 | 67 | 0 |
| | 13,5 | 2,1 | 1,5 | 12 | 94 | 10 | 99 | 0 | 16 | 10 | 87 | 1 |
| | 16,2 | 2,9 | 2,0 | 15 | 121 | 11 | 126 | 0 | 22 | 12 | 107 | 1 |
| | 18,8 | 3,7 | 2,6 | 17 | 147 | 12 | 154 | 0 | 28 | 14 | 128 | 2 |
| | 21,5 | | | | | 13 | 196 | 0 | 38 | | | |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 24,2 | | | | | 14 | 246 | 0 | 53 | | | |
| 29,7 | | | | | | | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------|-----|--------------|-----|--------------|----|--------------|----|-------------|---|-------|
| | σ | μ | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 41 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 1,2 | 1 | 6 | 0 | 5 | -1 | 1 | 1 | 1 | 6 | | |
| | 3,6 | 3 | 24 | -2 | 19 | -3 | 3 | 3 | 3 | 19 | | |
| | 6,9 | 4 | 46 | -1 | 37 | -1 | 2 | 2 | 2 | 43 | | |
| | 10,1 | 7 | 64 | 2 | 66 | -3 | 2 | 2 | 2 | 66 | | |
| | 13,4 | 10 | 86 | 6 | 91 | -3 | 6 | 6 | 6 | 89 | | |
| | 16,6 | 12 | 114 | 7 | 112 | -3 | 9 | 9 | 9 | 115 | | |
| | 19,9 | 14 | 136 | 7 | 137 | -3 | 14 | 14 | 14 | 128 | | |
| | 23,1 | 16 | 169 | 14 | 166 | -3 | 23 | 23 | 23 | 138 | | |
| | 26,4 | 18 | 202 | 14 | 214 | -4 | 33 | 33 | 33 | 166 | | |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 29,6 | 21 | 247 | 15 | 262 | -4 | 48 | 48 | 48 | 188 | | |
| 37,0 | 32,8 | | | 17 | 339 | -7 | 71 | 71 | 71 | 229 | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ mm | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 47 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | -1 | 5 | -1 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| | 2,3 | 0,5 | 0,4 | -4 | 19 | -3 | 16 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 |
| | 4,7 | 1,0 | 0,8 | -6 | 38 | -8 | 35 | 0 | 4 | 0 | 22 | 0 |
| | 7,1 | 1,8 | 1,3 | -8 | 59 | -12 | 55 | 0 | 6 | 0 | 39 | 0 |
| | 9,5 | 2,7 | 2,1 | -13 | 81 | -13 | 83 | 0 | 10 | 0 | 57 | 0 |
| | 11,8 | 3,8 | 2,8 | -22 | 98 | -13 | 117 | 0 | 16 | 0 | 77 | 0 |
| | 14,2 | 4,8 | 3,5 | -34 | 142 | -17 | 151 | 0 | 22 | 0 | 98 | 0 |
| | 16,6 | 6,1 | 4,4 | -54 | 175 | -23 | 194 | 0 | 31 | 1 | 122 | -1 |
| | 18,9 | 7,5 | 5,3 | -117 | 219 | -35 | 238 | 0 | 46 | 1 | 146 | -2 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 20,3 | 9,4 | 6,6 | -183 | 266 | -46 | 293 | 0 | 64 | 1 | 170 | -3 |
| 25,6 | 22,7 | | | | | | 369 | 0 | 100 | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 43 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 1,2 | 0 | 6 | -2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 |
| | 3,6 | 0 | 23 | -7 | 21 | -1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 31 | 0 |
| | 6,8 | -2 | 41 | -8 | 47 | -2 | 4 | 0 | 6 | 0 | 65 | 0 |
| | 10,0 | -3 | 74 | -11 | 71 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 100 | 0 |
| | 13,3 | -8 | 102 | -11 | 105 | 1 | 11 | 1 | 11 | 1 | 142 | 0 |
| | 16,5 | -10 | 134 | -14 | 137 | 0 | 21 | 1 | 21 | 1 | 182 | 0 |
| | 19,7 | -14 | 172 | -17 | 177 | -1 | 31 | 2 | 31 | 2 | 216 | 0 |
| | 22,9 | -20 | 216 | -21 | 225 | -3 | 51 | 5 | 51 | 5 | 273 | -1 |
| | 26,1 | -30 | 276 | -29 | 294 | -5 | 87 | 3 | 87 | 3 | 329 | -1 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 29,3 | | | -37 | 357 | -6 | 121 | | | | | |
| 32,5 | | | | | | | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ mm | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 55 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | -2 | 8 | -2 | 8 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 |
| | 2,7 | 1,1 | 0,6 | -6 | 31 | -6 | 42 | 0 | 5 | 0 | 17 | -1 |
| | 5,4 | 2,5 | 1,4 | -13 | 64 | -16 | 67 | -2 | 10 | 0 | 46 | -1 |
| | 8,1 | 4,0 | 2,3 | -24 | 104 | -20 | 106 | -3 | 14 | 0 | 89 | -2 |
| | 10,8 | 6,0 | 3,5 | -39 | 152 | -36 | 157 | -5 | 25 | 0 | 120 | -4 |
| | 13,5 | 8,4 | 5,0 | -62 | 210 | -53 | 219 | -6 | 37 | 0 | 168 | -5 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 16,2 | 12,5 | 7,5 | -84 | 292 | -84 | 283 | -12 | 69 | 0 | 236 | -8 |
| 20,2 | | | | | | | | | | | | |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 45 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 1,2 | -1 | 7 | -2 | 5 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0 |
| | 3,6 | -4 | 28 | -8 | 18 | -1 | 9 | -1 | 9 | -1 | 19 | 0 |
| | 6,9 | -13 | 65 | -17 | 51 | -3 | 15 | 1 | 15 | 1 | 48 | -1 |
| | 10,1 | -22 | 105 | -25 | 81 | -3 | 20 | 2 | 20 | 2 | 82 | 0 |
| | 13,3 | -34 | 143 | -48 | 132 | -6 | 29 | 3 | 29 | 3 | 118 | -2 |
| | 16,5 | -53 | 209 | -55 | 188 | -6 | 52 | 3 | 52 | 3 | 159 | -2 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 19,7 | -76 | 285 | -79 | 267 | -10 | 86 | 4 | 86 | 4 | 211 | -3 |
| 24,0 | 23,0 | -124 | 410 | -111 | 388 | -12 | 143 | | | | | -5 |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f mm | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------------|-----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------------|-----|-------|
| | σ | μ mm | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 56 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | -5 | 10 | -1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 |
| | 1,7 | 1,3 | 0,7 | -10 | 26 | -1 | 28 | -6 | 0 | 0 | 33 | 0 |
| | 3,4 | 2,8 | 1,6 | -24 | 56 | -18 | 53 | -7 | 6 | 0 | 77 | -1 |
| | 5,1 | 4,6 | 2,7 | -44 | 89 | -45 | 82 | -7 | 11 | 0 | 121 | -2 |
| | 6,8 | 7,1 | 4,3 | -70 | 131 | -83 | 123 | -9 | 19 | 0 | 161 | -2 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 8,5 | 9,4 | 5,6 | -107 | 180 | -144 | 169 | -9 | 30 | 0 | 194 | -3 |
| 12,5 | 10,2 | 14,0 | 8,5 | -152 | 258 | -247 | 247 | -10 | 51 | 0 | 254 | -5 |

| nr. | $\bar{\sigma}$ | | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v |
|--------------------|----------------|-------|-----|--------------|------|--------------|----|--------------|----|-------------|----|-------|
| | σ | μ | | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | \emptyset | V | |
| nr. 47 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 1,2 | -4 | 10 | -5 | 8 | -1 | 2 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 |
| | 2,8 | -33 | 32 | -15 | 25 | -3 | 6 | 0 | 14 | 1 | 14 | 1 |
| | 5,2 | -59 | 74 | -45 | 70 | -2 | 13 | 1 | 13 | 1 | 40 | 1 |
| | 7,6 | -83 | 124 | -67 | 118 | 1 | 26 | 1 | 26 | 1 | 66 | 1 |
| | 10,0 | -138 | 167 | -89 | 157 | -2 | 43 | 1 | 43 | 1 | 85 | 1 |
| $\bar{\sigma}^c =$ | 12,4 | | | 247 | -119 | 221 | -1 | 76 | 2 | 117 | 1 | |
| 15,4 | 14,8 | | | | | | | | | | | |

NB. Den svage sten altid i v-siden.

Mure (FII + G + KKM)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|------|------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|-------|-----|-------|----|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 2 | 10 | 0 | 1 |
| 60 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 23 | 30 | 27 | 29 | 3 | 3 | 3 | 24 | 0 | 3 |
| | 4,0 | -0,1 | 0,2 | 57 | 66 | 55 | 65 | 7 | 10 | 9 | 52 | 2 | 6 |
| | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 102 | 103 | 93 | 104 | 21 | 20 | 15 | 85 | 4 | 11 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 8,0 | -0,8 | -0,1 | 159 | 144 | 145 | 154 | 35 | 36 | 25 | 114 | 6 | 14 |
| 15,6 | 10,1 | -0,5 | 0,2 | 208 | 192 | 185 | 206 | 53 | 55 | 27 | 140 | 7 | 19 |

(Mure FII + G + KCM)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|-----|-------|----|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0 | 20 | -1 | 20 | 0 | 5 | 0 | 12 | 0 | 3 |
| 62 | 1,3 | 1,4 | 0,8 | 0 | 35 | -5 | 36 | 2 | 6 | -1 | 20 | 0 | 5 |
| | 2,7 | 2,9 | 1,7 | 0 | 81 | -8 | 79 | -1 | 15 | 0 | 46 | 0 | 12 |
| | 4,0 | 4,8 | 3,2 | 2 | 136 | -5 | 137 | 1 | 31 | 0 | 73 | 0 | 20 |
| | 5,3 | 7,3 | 4,5 | 0 | 210 | -10 | 205 | 3 | 57 | 0 | 100 | 0 | 30 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 6,7 | 10,3 | 6,4 | -4 | 294 | -25 | 288 | 2 | 89 | -2 | 120 | 0 | 42 |
| 9,9 | 8,0 | 14,2 | 8,9 | -13 | 388 | -45 | 390 | -1 | 136 | -1 | 139 | 0 | 60 |

Piller (FII + G + KKM)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | |
|------|------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|-----|-------|----|
| | | | | | | | | | | | |
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53 | 1,2 | 8 | 10 | 3 | 10 | 2 | 3 | 1 | 6 | 0 | 1 |
| 54 | 3,7 | 35 | 40 | 10 | 45 | 8 | 13 | 4 | 26 | 0 | 5 |
| | 6,9 | 102 | 90 | 69 | 99 | 23 | 38 | 12 | 60 | 1 | 14 |
| | 10,2 | 178 | 148 | 166 | 161 | 59 | 60 | 20 | 85 | 1 | 22 |
| | $\bar{\sigma}^e$ | 13,4 | 272 | 212 | 276 | 254 | 113 | 106 | 26 | 102 | 1 |
| 17,7 | 15,0 | 317 | 285 | 312 | 334 | 117 | 140 | 30 | 116 | 2 | 37 |

(Piller FII + G + KCM)

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | |
|------|------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|-----|-------|----|
| | | | | | | | | | | | |
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 1,2 | 1 | 20 | 2 | 12 | -2 | 1 | 0 | 5 | 0 | 2 |
| 56 | 2,0 | 2 | 34 | 5 | 31 | -5 | 3 | -1 | 15 | 0 | 5 |
| | 3,6 | 2 | 69 | 6 | 68 | -6 | 12 | -2 | 36 | 0 | 12 |
| | 5,3 | 3 | 120 | 7 | 122 | -6 | 30 | -2 | 65 | 0 | 25 |
| | 6,9 | 3 | 177 | 10 | 189 | -8 | 51 | -2 | 89 | 0 | 37 |
| | $\bar{\sigma}^e$ | 8,4 | -1 | 243 | 11 | 270 | -8 | 82 | -2 | 112 | 1 |
| 11,8 | 10,0 | -11 | 325 | 5 | 362 | -12 | 134 | -2 | 136 | 1 | 89 |

| e=0 | $\bar{\sigma}$ | u | f | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | | |
|-----|------------------|------|-----|--------------|-----|--------------|------|--------------|-----|-------|-----|-------|----|--|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 52 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0 | 5 | -1 | 5 | -1 | 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | |
| 53 | 2,0 | 1,1 | 0,6 | -4 | 17 | -6 | 20 | -5 | 3 | 0 | 21 | -1 | 2 | |
| | 4,0 | 2,3 | 1,4 | -6 | 37 | -10 | 46 | -6 | 5 | 0 | 42 | -2 | 5 | |
| | 6,0 | 3,2 | 1,9 | -13 | 66 | -17 | 74 | -5 | 9 | 0 | 67 | -2 | 8 | |
| | 8,0 | 4,5 | 2,7 | -20 | 89 | -30 | 105 | -7 | 10 | 0 | 92 | -2 | 11 | |
| | 10,0 | 5,9 | 3,7 | -28 | 123 | -40 | 139 | -11 | 18 | 0 | 125 | -2 | 16 | |
| | 12,1 | 7,3 | 4,6 | -39 | 159 | -52 | 178 | -9 | 23 | 0 | 158 | -3 | 21 | |
| | 14,1 | 9,1 | 5,8 | -53 | 201 | -71 | 230 | -9 | 35 | 0 | 192 | -4 | | |
| | $\bar{\sigma}^e$ | 16,1 | | | | | -102 | 285 | -16 | 49 | | | | |
| | 18,1 | | | | | | | | -16 | | | | | |

| e=k | $\bar{\sigma}$ | ϵ_L | | ϵ_t | | ϵ_v | | s_t | | s_v | | |
|-----|------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------|----|-------|----|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 67 | 1,2 | -2 | 10 | -2 | 10 | -1 | 2 | 0 | 4 | 0 | 2 | |
| 68 | 2,8 | -3 | 22 | -4 | 21 | -2 | 4 | -1 | 9 | 0 | 4 | |
| | 5,2 | -7 | 42 | -8 | 39 | -3 | 7 | -2 | 19 | 0 | 8 | |
| | 7,6 | -13 | 64 | -15 | 64 | -3 | 13 | -3 | 34 | 0 | 13 | |
| | 10,0 | -18 | 88 | -28 | 86 | -4 | 20 | -4 | 55 | 0 | 18 | |
| | 12,4 | -26 | 116 | -36 | 113 | -5 | 27 | -5 | 70 | 0 | 24 | |
| | 14,8 | -36 | 148 | -44 | 145 | -7 | 39 | -5 | 82 | 1 | 31 | |
| | 17,2 | -47 | 187 | -60 | 185 | -8 | 54 | -5 | 94 | 1 | 42 | |
| | $\bar{\sigma}^e$ | 19,7 | | | | | -75 | 226 | -9 | 72 | | |
| | 24,3 | | | | | | | | -9 | | | |

NB. Den svage sten altid i v-siden.

Mure (F II + K + KKM)

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | u | f | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|------|------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-------|----|-------|----|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 20 | 10 | 20 | 10 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 64 | 1,7 | 0,0 | 0,1 | 35 | 25 | 39 | 26 | 6 | 3 | 4 | 6 | 1 | 1 |
| | 3,4 | -0,6 | -0,2 | 86 | 55 | 86 | 63 | 14 | 11 | 11 | 12 | 3 | 3 |
| | 5,1 | -1,6 | -0,8 | 140 | 93 | 160 | 107 | 36 | 29 | 16 | 14 | 5 | 5 |
| | 6,8 | -2,4 | -1,3 | 224 | 129 | 222 | 147 | 59 | 47 | 18 | 16 | 8 | 8 |
| | 8,5 | -3,1 | -1,7 | 287 | 168 | 289 | 195 | 81 | 66 | 19 | 18 | 10 | 10 |
| | 10,2 | -3,5 | -1,9 | 338 | 204 | 344 | 236 | 107 | 86 | 25 | 21 | 13 | 13 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 11,9 | | | | | 376 | 275 | 122 | 105 | | | | |
| 15,2 | | | | | | | | | | | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | u | f | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-------|----|-------|----|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | -5 | 30 | -5 | 30 | -1 | 5 | 0 | 5 | 0 | 1 |
| 66 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | -6 | 39 | -8 | 41 | -4 | 7 | 0 | 6 | 0 | 1 |
| | 2,0 | 2,8 | 1,7 | -12 | 90 | -13 | 92 | -5 | 17 | 1 | 14 | 0 | 3 |
| | 3,0 | 5,7 | 3,5 | -22 | 166 | -23 | 182 | -7 | 41 | 0 | 16 | 0 | 5 |
| | 4,0 | 8,4 | 5,2 | -33 | 256 | -37 | 263 | -8 | 70 | 0 | 20 | 0 | 8 |
| | 5,0 | 11,0 | 6,9 | -46 | 366 | -52 | 343 | -8 | 96 | 0 | 22 | 0 | 12 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 6,0 | 15,1 | 9,5 | -63 | 431 | -83 | | -8 | 141 | -1 | 26 | 0 | 12 |
| 7,8 | | | | | | | | | | | | | |

Mure (F II + K + KKM)

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | u | f | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|------|------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-------|---|-------|---|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 2,6 | -0,3 | -0,1 | 4 | 5 | 6 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 5,4 | -0,5 | -0,2 | 8 | 11 | 12 | 11 | 5 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| | 8,1 | -0,7 | -0,3 | 16 | 16 | 17 | 18 | 6 | 5 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| | 10,8 | -0,7 | -0,3 | 19 | 23 | 23 | 23 | 8 | 8 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| | 13,5 | -0,8 | -0,3 | 25 | 29 | 30 | 31 | 9 | 12 | 9 | 2 | 4 | 4 |
| | 16,2 | -0,9 | -0,4 | 33 | 36 | 41 | 39 | 10 | 15 | 12 | 3 | 5 | 5 |
| | 19,0 | -1,0 | -0,4 | 41 | 42 | 51 | 45 | 13 | 19 | 15 | 4 | 6 | 6 |
| | 21,7 | -1,1 | -0,5 | 46 | 52 | 63 | 52 | 14 | 22 | 29 | 5 | 7 | 7 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 24,4 | -1,2 | -0,5 | 56 | 59 | 77 | 60 | 15 | 26 | 25 | 6 | 8 | 8 |
| 39,5 | | | | | | 89 | 67 | 17 | | 31 | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | u | f | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | |
|------------------|----------------|-----|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|----|-------|----|-------|----|
| | | | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V |
| nr. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 70 | 2,7 | 0,7 | 0,1 | -2 | 12 | 0 | 9 | -1 | 3 | -1 | 6 | 0 | 2 |
| | 5,4 | 1,3 | 0,3 | -3 | 24 | 2 | 20 | -1 | 6 | -2 | 12 | 0 | 4 |
| | 8,1 | 1,8 | 0,5 | -5 | 36 | 0 | 32 | -1 | 8 | -4 | 21 | 0 | 6 |
| | 10,8 | 2,4 | 0,8 | -6 | 50 | -2 | 44 | -1 | 10 | -4 | 33 | -1 | 8 |
| | 13,5 | 2,9 | 1,1 | -8 | 66 | -4 | 60 | -1 | 12 | -5 | 44 | -1 | 10 |
| | 16,1 | 3,6 | 1,5 | -11 | 83 | -4 | 76 | -4 | 15 | -5 | 58 | -2 | 13 |
| | 18,8 | 4,5 | 2,0 | -15 | 105 | -8 | 96 | -5 | 20 | -5 | 77 | -2 | 16 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 21,5 | 5,4 | 2,5 | -19 | 128 | -10 | 121 | -6 | 25 | -5 | 91 | -3 | 18 |
| 27,2 | | | | | | -29 | | -11 | | | | | |

NB. Den svage sten altid i v-siden.

Piller (F II + K + KKM)

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | | |
|------------------|----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-------|---|-------|---|----|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 |
| 73 | 1,2 | 15 | 15 | 15 | 15 | 4 | 4 | | | | 1 | 4 |
| 74 | 2,0 | 27 | 27 | 25 | 40 | 7 | 5 | | | | 2 | 7 |
| | 3,6 | 57 | 65 | 60 | 85 | 12 | 19 | | | | 2 | 11 |
| | 5,2 | 96 | 111 | 102 | 147 | 24 | 43 | | | | 3 | 16 |
| | 6,8 | 151 | 165 | 178 | 212 | 50 | 76 | | | | 5 | 21 |
| | 8,4 | 196 | 190 | 230 | 257 | 72 | 95 | | | | 6 | 24 |
| | 10,0 | 235 | 235 | 284 | 301 | 93 | 116 | | | | 7 | 27 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 11,6 | 280 | 271 | 324 | 343 | 115 | 140 | | | | 8 | 30 |
| 16,0 | 13,2 | | | 375 | 390 | 130 | 162 | | | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | | |
|------------------|----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-------|---|-------|----|----|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 |
| 75 | 1,2 | -6 | 70 | -3 | 60 | -2 | 20 | | | | -1 | 2 |
| 76 | 2,8 | -17 | 138 | -6 | 141 | -5 | 148 | | | | -3 | 4 |
| | 4,0 | -22 | | -20 | 214 | -6 | 78 | | | | -3 | 7 |
| | 5,2 | -28 | 206 | -37 | 302 | -7 | 15 | | | | -3 | 10 |
| | 6,4 | -29 | 287 | -52 | 381 | -7 | 150 | | | | -2 | 14 |
| | 7,6 | -29 | 355 | -63 | 443 | -7 | 185 | | | | -2 | 23 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 8,8 | -31 | 413 | -79 | | -11 | 229 | | | | -2 | |
| 10,8 | 10,0 | 472 | | -85 | | -11 | 258 | | | | | |

Piller (F II + K + KKM)

| $e=0$ | $\bar{\sigma}$ | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | | |
|------------------|----------------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-------|----|-------|----|----|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 1,2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 78 | 4,4 | 10 | 3 | 17 | 8 | -2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | 8,4 | 24 | 9 | 31 | 18 | -1 | 3 | 0 | 5 | 1 | 3 | 3 |
| | 12,4 | 35 | 18 | 44 | 25 | 2 | 6 | 0 | 9 | 2 | 5 | 5 |
| | 16,4 | 46 | 27 | 58 | 31 | 2 | 7 | 1 | 16 | 3 | 6 | 6 |
| | 20,3 | 61 | 38 | 76 | 42 | 9 | 9 | 2 | 24 | 4 | 7 | 7 |
| | 24,3 | 77 | 52 | 96 | 52 | 13 | 10 | 7 | 32 | 4 | 9 | 9 |
| | 28,3 | 92 | 63 | 124 | 68 | 20 | 10 | 13 | 43 | 6 | 11 | 11 |
| | 32,3 | 108 | 77 | 157 | 90 | 28 | 11 | 23 | 64 | 8 | 14 | 14 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 36,3 | | | | | 35 | 16 | | | | | |
| 38,0 | | | | | | | | | | | | |

| $e=k$ | $\bar{\sigma}$ | ε_L | | ε_t | | ε_v | | s_t | | s_v | | |
|------------------|----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|----|-------|-----|-------|----|----|
| | | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | Ø | V | |
| nr. | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 1,2 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| 80 | 3,6 | 0 | 10 | 3 | 11 | -1 | 2 | 0 | 11 | -2 | 3 | 3 |
| | 6,8 | -1 | 17 | 6 | 22 | -2 | 3 | -1 | 22 | -2 | 6 | 6 |
| | 10,0 | -2 | 38 | 8 | 37 | -2 | 9 | -1 | 37 | -3 | 8 | 8 |
| | 13,2 | -5 | 56 | 10 | 54 | -3 | 11 | -2 | 53 | -4 | 12 | 12 |
| | 16,3 | -11 | 75 | 9 | 70 | -2 | 15 | -3 | 70 | -6 | 15 | 15 |
| | 19,5 | -15 | 96 | 7 | 93 | -3 | 23 | -3 | 90 | -7 | 20 | 20 |
| | 22,7 | -21 | 122 | 2 | 116 | -3 | 34 | -4 | 114 | -8 | 26 | 26 |
| $\bar{\sigma}^e$ | 25,9 | | | -4 | 137 | -4 | 44 | | | | | |

LITTERATURFORTEGNELSE

- Olaf Hansson: En översikt av Chalmers provningsanstalts murverksprovningar. Tegel 1939, Nr. 6.
- Kristen und Schulze: Die Tragfähigkeit von Mauerwerkskörpern. Deutsche Bauzeitung 1936, H. 16.
- A. H. Stang, D. E. Parsons and J. W. McBurney: Compressive strength of clay brick walls. Bureau of Standards Journal of Research, Oct. 1929, Vol. 3, Nr. 4. Washington.
- W. H. Glanville & P. W. Barnett: Mechanical properties of bricks and brickwork masonry. Dep. of scient. and industrial research. Building research. Special report No. 22. London 1934.
- P. M. Frandsens Festskrift: Lab. f. Bygningsteknik D.T.H. Medd. nr. 1, København 1950.
- Harold Cramér: Sannolikhetskalkylen, Uppsala 1949.
- Karl Göran Ekblad: Tegel och murbruk samt murverk av massivtegel. Chalmers tekniska Högskolas Handlingar, Nr. 84, 1949.

Iøvrigt henvises til den udførlige litteraturfortegnelse i sidstnævnte publikation.