

Skalmuring i forbindelse med udvendig efterisolering af boligblokke



Særtryk fra tidsskriftet
TEGL 2·83

Skalmuring i forbindelse med udvendig efterisolering af boligblokke

Af akademiingeniør Erik Kjær og civilingeniør Hans Olsen, Kalk- og Teglværkslaboratoriet

Med støtte fra Energiministeriet har Kalk- og Teglværkslaboratoriet som et led i ministeriets energiforskningsprogram (EFP-81) vedrørende udvendig efterisolering i samarbejde med et bolig-selskab gennemført ovennævnte isole-ringsprojekt.

Før skalmuringen var det nødvendigt at finde en metode, hvorefter man rati-onelt kunne fastgøre bindere i de eksis-terende boligblokkes murede yder-vægge til fastholdelse af skalmuren.

Efter flere overvejelser og undersøgel-ser vedrørende metoder til fastgørelse af bindere og bolte (ekspansion, fastlim-ning og udstøbning) besluttedes det at udføre forsøg med bindere, der blev ind-støbt i huller boret i fugerne. Metoden valgtes under hensyntagen til ønsket om at holde samme skiftegang i skalmur som i de eksisterende ydervægge samt undgå eventuelle problemer i forbindel-se med hulsten. Da det samtidig ønske-des undersøgt, om det var muligt at an-vende 70 mm brede sten til skalmurin-gen, var det nødvendigt at få oplysninger om udtrækningsstyrken af trådbindere indmuret i en 70 mm tyk mur. Der blev derfor foretaget en række orienterende laboratorieforsøg med udtrækning af trådbindere henholdsvis indstøbt og ind-muret i murede prøvelegemer. Endvi-dere har laboratoriet, inden skalmurin-gen påbegyndtes, foretaget supplerende

forsøg med udtrækning af bindere ind-støbt i en ydervæg i en af boligblokkene.

På basis af resultaterne fra disse for-søg blev der foretaget en efterisolering og en skalmuring af gavlene i 13 tre-etages boligblokke dels med 70 mm dels med 108 mm brede mursten (sten med normalformat). På fig. 1 ses et udsnit af bebyggelsen, inden og efter skalmurin-gen blev foretaget.

Forforsøg

Til laboratorieforsøgene vedrørende ud-trækning af indstøbte trådbindere an-vendtes $\frac{1}{2}$ -stens tykke prøvelegemer muret med sten af normalformat. I for-søgene indgik 4 typer mursten, der varie-rede m.h.t. trykstyrke, rumvægt og sug-evne, opmuret med 3 forskellige mørtler (K 100/1200, KC 50/50/750 og KC 20/80/550). Binderne indstøbtes i 80-90 mm dybe huller med 25 mm diameter boret i prøvelegemernes liggefuger. Til indstøb-ning anvendtes dels en færdigblandet ekspanderende cementmørtel dels en cementmørtel fremstillet af 1 vægtdel almindelig portlandcement og 1 vægtdel sand med maks. kornstørrelse 1 mm.

Til laboratorieforsøgene vedrørende udtrækning af indmurede trådbindere anvendtes 70 mm tykke prøvelegemer svarende til en skalmur i tilsvarende tyk-kelse. Prøvelegemerne blev opmuret af tildannede sten af førnævnte 4 typer, så-

ledes at målene var ca. $228 \times 70 \times 55$ mm ($l \times b \times h$). De anvendte mørtler var KC 50/50/750 og KC 20/80/550. Binderne blev indmuret dels midt i fugen dels på overfladen af den ene stens liggeflade.

De anvendte bindere var koldtrukne, rustfaste trådbindere (stål 18/8) med 3 og 4 mm diameter. Binderne havde i den ene ende en 50 mm lang 90° -ombukning til indmuring i skalmuren. I den anden ende var de bølgeformede med 6 bøjnin-ger til indstøbning. Bøjningerne var for-delt på en længde af 70 mm. Den garan-terede 0,2-spænding var 600 N/mm^2 .

Der udførtes udtrækningsforsøg efter mindst 28 døgns lagring af prøvelege-merne.

De her omtalte orienterende forsøg er nøje beskrevet, og alle forsøgsresultater er angivet i en af laboratoriet udarbejdet rapport; men de vigtigste resultater kan sammenfattes som følger:

Hvad indstøbning af bølgeformede trådbindere angår, blev der fundet lidt lavere udtrækningsstyrke ved an-vendelse af ekspanderende mørtel end ved anvendelse af almindelig cementmørtel. Endvidere viste det sig i alle tilfælde, at bruddet indledtes med en svag skridning efterfulgt af en jævn udtrækning af binderen, idet der skete en delvis udretning af bøl-gerne. Det fremgik desuden af for-søgsresultaterne, at den til opmuring af prøvelegemerne anvendte mørtel ikke havde indflydelse på udtræk-ningsstyrkerne.

Hvad indmuring af trådbindere i en 70 mm tyk skalmur angår, havde ind-muringsdybden som venteligt stor indflydelse på udtrækningsstyrken, og forsøgene viste, at trådbindernes ombukkede del bør indmures i skal-muren således, at afstanden fra skal-murens overflader bliver 35 ± 5 mm. Det kan ud fra forsøgsresultaterne ikke med sikkerhed afgøres, om ud-trækningsstyrken påvirkes af, om binderne placeres midt i fugen eller



Fig. 1. Gavlbillede af en af boligblokkene før og efter skalmuringen.

på stenoverfladen; men de ved forsøgene fundne styrker var af en sådan størrelse, at det ikke syntes nødvendigt at tage hensyn til bindernes placering i retning vinkelret på stenedens liggeflade. Det fremgik endvidere, at stentypen ikke havde væsentlig indflydelse på de fundne udtrækningsstyrker.

Ingen af forsøgsresultaterne tydede på, at det ikke på forsvarlig måde var muligt at fastholde en 70 mm skalmur og dermed også en tykkere skalmur til eksisterende murværk ved hjælp af indstøbte, bølgeformede trådbindere.

Før påbegyndelse af arbejdet med efterisolering og skalmuring foretog laboratoriet som tidligere nævnt yderligere supplerende udtrækningsforsøg med trådbindere indstøbt i fugerne i murværket i en af boligblokkene. Da udtrækningen af binderne ved de orienterende forsøg skete ved en delvis udretning af bølgerne, valgtes det af rationaliserings-hensyn at anvende en svagere mørtel til indstøbningen nemlig den til skalmuringen påtænkte opmuringsmørtel, KC 20/80/550. Forsøgene kan kort beskrives som følger:

Binderne indstøbtes i huller med ca. 25 mm diameter og ca. 95 mm dybde. Hullerne bores midt i liggefuger, og der udførtes en række forsøg vedrørende rensning og vanding af borehullerne før indstøbning af binderne, der enten var af rustfast stål eller tinbronce. Endvidere udførtes der en række forsøg vedrørende metoder til fyldning af hullerne med mørtel. Udtrækningsforsøgene blev foretaget 3, 7 og 16 døgn efter bindernes indstøbning, og resultaterne svarede ret nøje til de i laboratoriet fundne styrker for indstøbte bindere. Også vedrørende disse forsøg er der udarbejdet en rapport.

Det viste sig imidlertid ved senere forsøg med indstøbning af bindere, hvor det var den til skalmuringen anvendte mørtel, der benyttedes, at spredningen i udtrækningsstyrkerne blev så stor, at det besluttedes efter endnu en serie forsøg at indstøbe binderne i en cementmørtel, C 100/400, fremstillet på fabrik som færdigblandet tørmørtel.

Efterisolering og skalmuring

Boligbebyggelsen, som tilhørte *Struer boligselskab*, bestod af 13 tre-etages blokke med kælder (med ialt 34 gavle). Blokkene var opført af røde, massive, maskinstrognede teglsten, og opmuringen var tilsyneladende foretaget i en ren kalkmørtel.

Gavlene var udført som massive 1½-stens vægge op til etagedækket mellem 1. og 2. sal og derover som hule mure med faste bindere.

Der var igennem årene oftere og oftere

blevet klaget især fra beboerne i gavllejlighederne over skader og problemer med fugtindtrængning. Den dårlige isoleringsevne kombineret med de stigende oliepriser var dog afgørende for, at det blev økonomisk fornuftigt at foretage en efterisolering.

Ved 8 af gavlene var det hensigtsmæssigt at foretage en efterisolering ved hjælp af 100 mm mineraluld og en skalmuring med 70 mm brede sten, idet udhænget ikke var særlig stort. På de øvrige 26 gavle blev efterisoleringen foretaget ved hjælp af 125 mm mineraluld og en skalmuring med sten med normalformat.

De 26 halvstensgavle blev først opmurede.

Understøtning af skalmur

Til understøtning af den 70 mm tykke skalmur blev der benyttet to typer beslag, begge opsvejt i rustfast stål (stål 18/8). Det viste sig nødvendigt ved fastgørelse af et beslag at anvende to ekspansionsbolte i betonsoklen foruden en gennemgående bolt gennem det eksisterende murværk. Belastningsforsøg med beslaget uden fastgørelse i betonsoklen havde nemlig vist, at der skete en knusning af murværket under den gennemgående bolt, og at denne bøjedes.

I beslagene blev der anbragt bredstenstegloverligger med rustfast armering (se fig. 2).

Beslag af type 2 benyttedes, hvor tegloverliggerens ende kunne lægges af på beslaget, medens type 1, som manglede den nederste bæreflange, benyttedes de steder (f.eks. ved hjørner, kælderdøre og spring i overkanten af fundamentet), hvor tegloverliggeren kom til at virke som en udkraget bjælke. Tegloverliggeren blev her båret af den øverste bæreflange ved hjælp af 2 bolte, der gik igennem overliggeren.

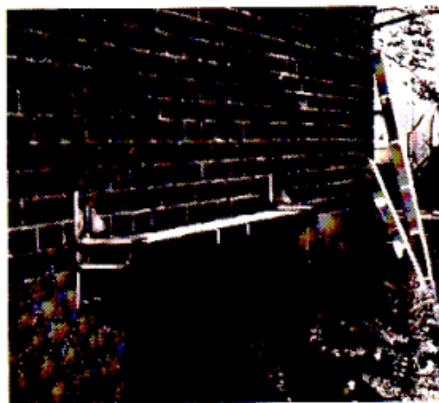


Fig. 2. Bredstensoverligger placeret i 2 beslag af type 2.

Den vandrette flugt blev indrettet efter, at hullerne for de gennemgående bolte gennem kældervæggen skulle bores i liggefugen over tredje skifte. Herved kom nederste skifte (tegloverliggeren) til

at ligge i samme højde som første skifte i den gamle ydervæg (se fig. 2). De 2 ekspansionsbolte fastgjordes ca. 16 mm under overkant fundament, hvorved de ifølge fabrikantens anvisninger skulle kunne tillægges fuld styrke.

Det var de fleste steder nødvendigt ved hjælp af en vinkelsliber at skære lidt af overliggerens over- eller undersider for at få dem på plads. Dette skyldtes dels monteringsunøjagtigheder, dels at flangerne på grund af svejsesømmene »trækkes opad«. Sidstnævnte årsag medførte, at det oftest var i undersiden af overliggeren, der skulle skæres lidt af.

Ved hvert hjørne blev enden af tegloverliggeren skjult af en petring, der muredes fast dels til overliggeren dels til overliggende skifte. I hærdningsperioden måtte denne petring naturligvis specielt understøttes.

Ved muring af 1. skifte på tegloverliggeren var der (med henblik på at opnå en korrekt fugetykkelse) generelt tilpasningsproblemer på grund af beslagenes overflanger, og stenene måtte skæres til med en vinkelsliber. Efter at 1-2 skifter var opmurede, placeredes murbatts med en højde på 26,7 cm (svarende til 4 skifter) i hulmuren, og i liggefugen over 4. skifte over tegloverliggeren blev der lagt et lag murpap. Dette paplag blev ført ind til den eksisterende væg og ca. 35 cm op langs denne, hvor det sømmedes fast.

Ved 2 gavle viste det sig, at den øvre del af det eksisterende fundament i virkeligheden var pudset murværk. Da det som tidligere nævnt var ret usikkert, hvor store styrker de bærende beslag ville få ved fastgørelse udelukkende i en muret væg, blev der i stedet for ved disse to gavle lavet selv bærende fundamenter. Disse udførtes som stribefundamenter, der bestod af beton støbt på stedet, hvorpå der blev opmuret blokke af letklinkerbeton op til overkant af det eksisterende, pudsede murværk. Ved de øvrige 26 gavle med ½-stens skalmur blev der ligeledes anvendt et selv bærende fundament efter samme princip. Ovenpå blokkene indlagdes et paplag fra forkanten ind til den eksisterende væg og ca. 35 cm op langs denne, og herpå påbegyndtes opmuringen.

Tegloverliggeren, der benyttedes ved skalmuringen med 70 mm sten, var som nævnt bredstensoverligger, d.v.s. 168 mm brede. Dette svarede til den samlede tykkelse af isolering (100 mm) og skalmur (70 mm). Mellem isolering og skalmur var der ca. 1 cm luftspalte. Dette mellemrum tilvejebragtes ved, at overliggerens inderste løberside på grund af beslagets tykkelse var ca. 1 cm fra den eksisterende væg.

Der er i det foregående beskrevet en løsning, hvor skalmuren bæres af tegloverliggeren, som igen bæres af rustfaste stålkonsoller. En ændring af konsollerne,

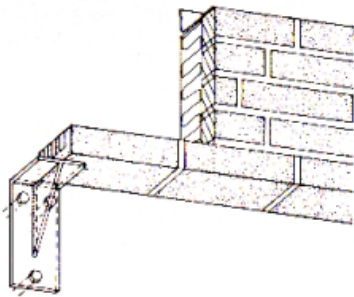


Fig. 3. Bæring af tegloverliggerne.

således at overflangen fjernes, vil være anbefalelsesværdig, idet der så ikke vil være så mange tilpasningsvanskeligheder. Men også andre udformninger af konsollerne kan komme på tale. Et eksempel herpå vises på fig. 3, hvor hele konsollen er beliggende under overliggeren, hvilket har den fordel, at der helt undgås tilpasningsproblemer af overliggerne (også i studsfugen mellem to overliggere).

En anden mulig løsning er at benytte vinkeljern (bør være rustfaste), hvorpå nederste skifte mures direkte. Vinkeljernets ene flig kan enten vende op- eller nedad, og det kan naturligvis – ligesom beslagene til fastholdelse af tegloverliggerne – fastgøres enten med gennemgående bolte, ekspansionsbolte eller klæbeankre.

Disse vinkeljern kan evt. forstærkes med skråstivere. En variant af denne løsning er på markedet under navnet Brictec. Denne sælges i standardudførelsen udført af varmgalvaniseret stålplade med trækband af rustfast, plastbelagt stål. Hvis Brictec skal benyttes, bør det være i en rustfast udgave, som kan fås på speciel bestilling.

Forforsøgene, der blev udført i Struer, med belastning af beslag viste, at der i enkelte tilfælde uanset valg af beslagstype bør foretages en nøje vurdering af fastgørelsen (gennemgående bolte, ekspansionsankre eller klæbeankre). Specielt ved fastgørelse i en ydermur af mursten bør man være opmærksom på, at der kun foreligger et ganske ringe erfaringsmateriale, så det her ofte vil være på sin plads med et orienterende forførsøg.

Til understøttelse af en skalmur kan der også benyttes en betonbjælke, og denne kan enten være støbt på stedet eller være præfabrikeret (se fig. 4 a og 4 b). Betonbjælken kan fastgøres til det

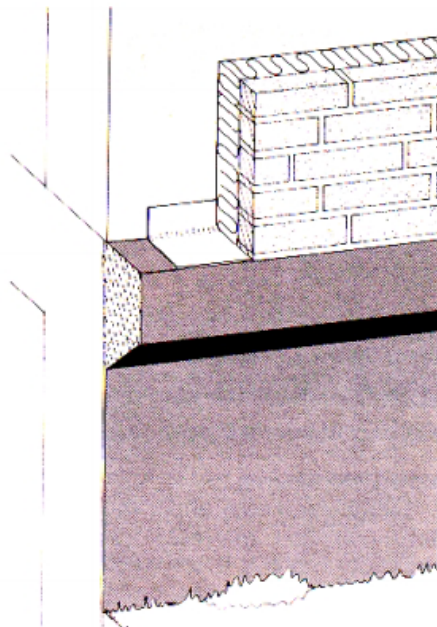


Fig. 4a. Betonbjælke støbt på stedet.

eksisterende fundament med gennemgående bolte, ekspansionsbolte, klæbeankre og indstøbt armering. Specielt for oven bør vælges en forankring, der har en tilstrækkelig styrke. Her er det intuitivt mest sikre – med det kendskab, man har til materialerne i dag – en gennemgående bolt med trykfordelingsplade som modhold på væggens inderside.

Til understøttelse af skalmuren kan naturligvis også benyttes det traditionelle sribefundament. Dette kan f.eks. udføres helt af letbetonblokke (se fig. 5), helt af beton eller en kombination med beton og overliggende letbetonblokke som tidligere beskrevet.

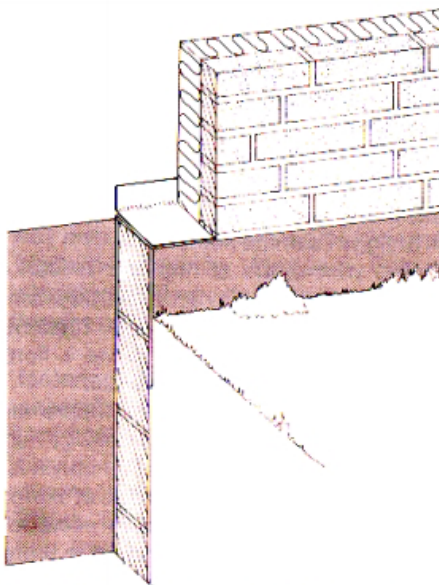


Fig. 5. Stribefundament af letbetonblokke.

Forankring af skalmuren

Ud fra de fundne udtrækningsstyrker for bølgeformede trådbindere blev det ved

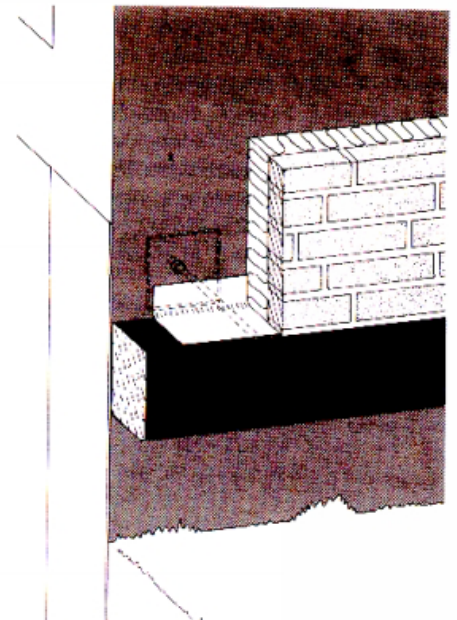


Fig. 4b. Præfabrikeret betonbjælke.

statiske beregninger udført af rådgivende ingeniør *Andreas Nielsen ApS, Struer*, eftervist, at der kunne benyttes 4 mm bindere af rustfast stål, og at der skulle benyttes mindst 4 bindere pr. m². Sidstnævnte opnåedes ved en vandret binderafstand på 40 cm og en lodret afstand mellem binderkolonnerne på 53,3 cm (svarende til hvert 8. skifte). Beregningerne viste endvidere, at afstanden mellem binderrækkeme skulle være mindre ved murkronerne.

En skitse af en 4 mm bølgeformet binder leveret fra *Midtjysk Murbinderfabrik* er vist på fig. 6.

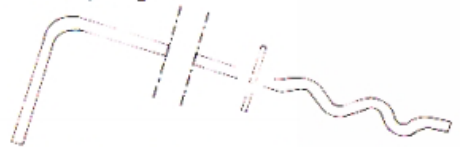


Fig. 6. 4 mm bølgeformet binder med skive.

Til boring af hullerne, hvori binderne skulle indstøbes, benyttedes en slagboremaskine med et 25 mm bor. Hullerne bores i liggefuger med en indbyrdes afstand på 40 cm (med anslag på boremaskinen og helt tilfældigt i forhold til studsfuger) til en dybde af ca. 90 mm.

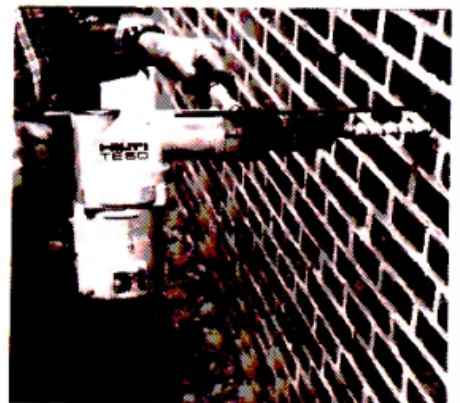


Fig. 7. Boring af hul til murbinder.

Udboringen blev foretaget, når der var ledig arbejdskapacitet hertil, og når man kunne komme til at bore hullerne i en rimelig arbejds højde i forhold til stillads d.v.s. uafhængigt af afstanden ned til skalmuren undemeden (se fig. 7). Den resterende del af indstøbningsproceduren for binderne blev foretaget umiddelbart før opmuringen af skalmursskiftet lige over murbinderen.

En oversavet cykelpumpe (Ø23 mm) forsynet med dobbeltpakning blev fyldt med vand, og denne mængde sprøjtedes ind i hvert hul. Derved blev hullerne dels rensed for boremel dels forvandet (se fig. 8). Til dette formål vil en almindelig sprøjteflaske af plasticmateriale også være velegnet.



Fig. 8. Rensning og forvanding af hul til murbinder.

Til udstøbning i hullerne benyttedes som tidligere nævnt cementmørtel, C 100/400, der leveredes som tørmørtel og blandedes med vand til en passende konsistens (tyndtflydende) umiddelbart for brug. Der blev lavet en frisk blanding i en spand, hver gang en række huller skulle udstøbes.

Selve fyldningen af hullerne blev også foretaget med den oversavede cykelpumpe (se fig. 9), idet mørtlen presses op i pumpen ved at stikke den ned i spanden samtidig med, at stemplet blev trukket tilbage. Pumpen med mørtel førtes derefter ind i hullet og ved at trække pumpecylindren tilbage og samtidig skyde stemplet frem presseses mørtlen



Fig. 9. Udstøbning af hul til murbinder.



Fig. 10. Indpresning af murbinder.

ud og fyldte hullet.

Umiddelbart efter, at der var fyldt mørtel i hulrækken, blev murbinderne placeret midt i hullerne. Binderne blev presset lige ind, og der blev ikke foretaget nogen drejning af binderen herefter.

På alle bindere var der anbragt en skive, der fungerede dels som hjælp ved komprimering dels til fastholdelse af mørtel og binder. Det var ikke nødvendigt med andre forholdsregler med hensyn til understøtning af binderne og hindring af udflydning af mørtel (se fig. 10).

Generelt må det fremhæves, at der til fastholdelse af udvendige skalmure skal anvendes korrosionsfaste bindere. Ud over den i omhandlede projekt anvendte bølgeformede binder er der på markedet flere typer, hvis fastholdelse i den eksisterende væg sker ved hjælp af en ekspansionsbøsning eller limstof.

Både »klæbebinder« og »ekspansionsbinder« giver forholdsvis veldefinerede udtrækningsstyrker, hvis væggen er af beton. Hvis disse bindertyper ønskes anvendt ved fastgørelse i en murstensvæg må det forudsættes, at dette sker midt i en sten. Der haves imidlertid kun ganske lidt materiale til belysning af, hvilke styrker der egentlig kan forventes, specielt hvis der er tale om hulsten.

Af æstetiske grunde vil det endvidere normalt være ønskværdigt, at skifterne i eksisterende mur og i skalmur kommer til at ligge i samme højde.

Ved ydervægge af mursten vil den i Struer-projektet benyttede metode derfor normalt være at anbefale, medens der ved betonydervægge vil være flere anbefalingsværdige muligheder.

Ved boring af huller til murbindere var det ved halvstensvægge vanskeligt helt at undgå at bore igennem. Det oplystes, at det var væsentligt at anvende et skarpt bor, idet bagsiden af væggen ellers let blev »banket ud«. Det vil muligvis være fordelagtigt at benytte 80 mm dybe huller i stedet for 90 mm. Det blev flere steder i gavltrekanterne (halvstens mur) konstateret, at der kom mørtel ud på bagsiden. Ved inspektion af skalmuret halvstensudfyldningsmurværk bemærkedes mange

mørteltunger; men ved afbrækning af disse konstateredes, at de bagvedliggende huller alligevel var helt fyldte.

Ved fyldning af huller nedslides 1 cykelpumpe pr. ca. 400 huller. En forstærkning af cykelpumpen kunne være ønskelig – evt. en nykonstruktion – specielt pakningen bør forstærkes.

Opmuringen af skalmuren

Da opmuringen af de 26 gavle med sten i normalformat foregik efter normal procedure, vil der her kun blive omtalt opmuringen med de 70 mm brede sten.

Der anvendtes røde, glatte, maskinstrøgne sten, og opmuringsmørtlen var som tidligere nævnt en kalkcementmørtel, KC 20/80/550. Der muredes med fyldte fuger, og opmuring og fugning blev foretaget i én arbejdsgang.

Efter en tilvæningstid på 1-2 dage udtalte de implicerede murersvende, at 70 mm stenen var mindst lige så hurtig at arbejde med som en almindelig sten (normalformat). Det bemærkedes endvidere, at murværket havde en udmærket stabilitet mellem binderrækkerne; men det var meget væsentligt, at stenene var helt tørre før muringen, idet murværket »sejlede«, hvis stenene var for våde.

Mellem den eksisterende gavl og den nye skalmur blev der ved hjørner og vinduesfals lavet en dilatationsfuge. I denne fuger op mod den eksisterende mur indlagdes en 10 mm tyk og ca. 10 cm bred polystyrenplade, og udadtil fugedes der med elastisk fugemasse (se fig. 11). Endvidere fremgår det af fig. 11, hvorledes forbandtet blev afsluttet ved hjørnerne.

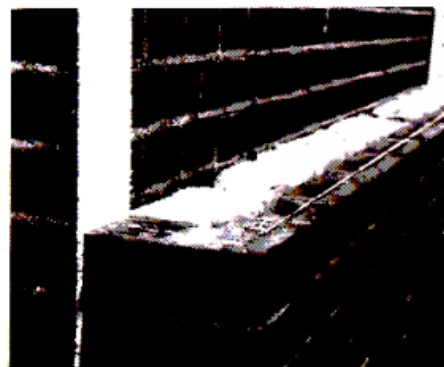


Fig. 11. Forbandt ved hjørne samt dilatationsfuge mod eksisterende mur.

Vinkelret på gavlen op mod dilatationsfugen benyttedes skiftevis 1/2- og 3/4-sten. Både 1/2- og 3/4-sten blev tilklippet af sten med normalformat. Dette havde den ulempe, at det blev nødvendigt at have 2 typer sten på stilladset.

Ved opmuringen benyttedes »hjørnesvende«. At arbejde med disse gav ingen specielle problemer under opførelsen; men rent æstetisk fik det den lidt uheldige bivirkning, at de nye fuger ikke helt fulgte fugerne i det eksisterende byggeri (se fig. 11 og 12).



Fig. 12. Afslutning af forbandt ved lodret vinduesfals.

Omkring vinduer udførtes dilatationsfugen som ved hjørnerne. Under vinduerne blev der som sålbænk muret et rulskifte. Rulskiftet murede i takt med, at stilladset blev taget ned.

Ved de lodrette vinduesfals blev forbandtet afsluttet på helt samme vis som ved hjørnerne (se fig. 12).

Over vinduer ind mod den overliggende dilatationsfuge lagdes en bredstengtelegoverligger armeret med rustfast stål med 1/2-stens vederlag i begge sider. Herover fortsattes opmuringen med 70 mm sten. I fugen over 2. skifte over overliggeren indlagdes pap, der førtes ind til bagmuren og ca. 5 skifter op.

Den oprindelige placering af vinduerne bibeholdtes.

I gavltrekanen afsluttedes skalmuren ved, at stenene blev muret op under det eksisterende udhæng.

Udtrækningsforsøg med bindere indstøbt under murerarbejdet

For at blive orienteret om udtrækningsstyrken for de bindere, som blev indstøbt med cementmørtel, C 100/400, under murerarbejdet, blev der hugget hul i nogle af de nyopførte skalmure, hvorefter der blev foretaget en udtrækning af bindere. Ved udtrækning af 9 bindere fordelt på 3 gavle viste det sig, at brudlasten i gennemsnit var 4,9 kN med en spredning på 0,6 kN. Til oplysning kan nævnes, at brudlasten ved de tidligere nævnte indstøbningsforsøg med cementmørtel, C 100/400, i gennemsnit var 6,7 kN med en spredning på 1,2 kN.

Skalmuring med en bagvæg af beton

Som et eksempel på efterisolering og skalmuring, hvor den eksisterende ydervæg er af beton, skal et projekt, der blev gennemført på bebyggelsen »Ringparken« i Esbjerg i løbet af sommeren 1982 kort omtales.

Bebyggelsen består af 20 beboelsesblokke med 3 etager og kælder. Blokkene blev opført i perioden 1967-71 i betonsandwichelementer. Mellem facadeplade og bagplade var der uheldigvis flere områder med direkte forbindelse,

og ulemperne fra disse kuldebroer var sammen med ønsket om forøget isolering på grund af stigende energipriser baggrunden for beslutningen om, at der skulle foretages en udvendig efterisolering. At der uden på isoleringen skulle opføres en skalmur af tegl blev besluttet af både økonomiske og æstetiske årsager. På fig. 13 ses en skalmuret gavl.

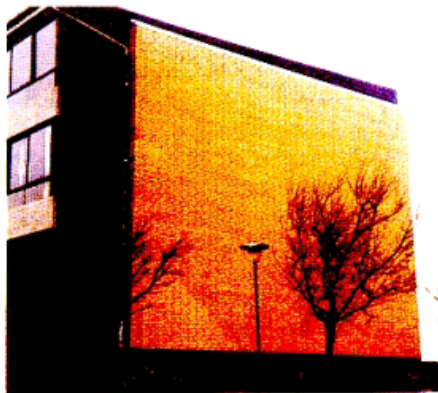


Fig. 13. Skalmuret betonelementgavl.

Der var her tale om 40 gavle hver på ca. 100 m². Væggene blev beklædt med 100 mm isolering og en skalmur, der var en almindelig halvstensvæg af gule maskinstrøgne sten. Gavlene var helt uden muråbninger, hvorfor det var muligt at gennemføre en vis rationalisering af arbejdet.

Hver skalmur blev båret af en betonbjælke (bredde 30 og højde 40 cm), der var fastgjort til det eksisterende fundament ca. 1 meter over terræn. Betonbjælken blev støbt på stedet i en standardstålforskalling, som blev brugt ved alle 40 gavle. Skalmurens fastgørelse til den eksisterende gavl af betonelementer (for optagelse af horisontale kræfter) blev foretaget med 4 mm bindere af rustfast stål. Binderne placeredes med en vandret centerafstand på 300 mm og mellem de vandrette rækker var afstanden 400 mm, d.v.s. i alt ca. 8 bindere pr. m². Binderne fastgjordes i betonelementerne ved hjælp af ekspansionsbøsninger, der fastgjordes i et ca. 30 mm dybt hul med 6 mm diameter. Der blev med binderne løbende foretaget udtrækningsforsøg, og den gennemsnitlige, fundne styrke var ca. 10 kN pr. binder.

Isoleringens betydning for energiforbruget

Umiddelbart før og under skalmuringen blev der foretaget en udskiftning af vinduerne i de omhandlede boligblokke i Struer. Dette i forbindelse med, at der kun foretoges skalmuring af gavlene i bebyggelsen, bevirkede, at det ikke var muligt ved registrering af varmemeforbruget at bedømme skalmurens og efterisoleringens varmebesparende virkning; men de 100 mm mineraluld betød en ændring i k-værdien fra 1,6 til 0,3 W/m² °C, og

dette svarer til en ændring i varmebeholdet pr. fyringssæson på 93,6 kWh/m². Med dagens oliepriser svarer dette til en besparelse på ca. 35 kr./m², og da investeringen i gavlenes efterisolering var på 444 kr./m², bliver forrentningen 7,9% p.a.

Priser og ressourceforbrug

Oprindeligt havde boligforeningen i Struer forestillet sig en løsning af efterisoleringsproblemet med hensyn til gavlene ved montering af pladebatts med et udvendigt armeringsnet til fastholdelse af et pudslag. Da det viste sig, at en skalmursløsning med halvstensvægge prismæssigt var konkurrencedygtig, blev der ved licitationen medio 1982 bedt om tilbud på begge dele. De billigste tilbud (ekskl. moms) på de to alternativer var:

Puds + isolering: 1.870.000,- kr. svarende til 550,- kr. pr. m²

Skalmuring + isolering: 1.510.000,- kr. svarende til 444,- kr. pr. m².

Da man endvidere på lang sigt med en skalmuring skønnede at kunne se frem til en næsten vedligeholdelsesfri overflade, og da man også fandt, at dette var den æstetisk bedste mulighed, valgtes skalmursløsningen.

Ved de ialt 34 gavle med et samlet areal på ca. 3.400 m² blev der anvendt ca. 200.000 sten svarende til ca. 5.900 sten pr. gavl.

Ved 8 af de 34 gavle blev det som tidligere nævnt besluttet at opmure skalmuren med 70 mm brede sten. Umiddelbart efter licitationen indhentedes hos murermesteren separate priser dels på de tidligere beskrevne, direkte funderede sribefundamenter dels på bæring af væggene ved hjælp af bredstenoverligger ophængt i beslag. For sribefundamenterne var prisen for 8 stk. 72.000,- kr. d.v.s. 9.000,- kr. pr. stk. Ved »ophængningen« var prisen for beslag til 6 gavle 46.000,- kr. og for montering af disse samt tegloverligger 14.000,- kr., altså i alt 60.000,- kr., d.v.s. 10.000,- kr. pr. gavl. Efter en vis indkøringsperiode mente murersvendene i øvrigt, at det var lidt hurtigere at arbejde med konsol/tegl-overligger – end med sribefundament-løsningen.

Ved udarbejdelsen af tilbuddet til licitationen gik murermesteren ud fra en enhedspris pr. færdigmonteret binder på 6,15 kr., idet han regnede med en købspris på 2,40 kr., montage 2,25 kr. og dertil et tillæg på 1,50 kr. (35%) til dækning af faste omkostninger og til fortjeneste. Med hensyn til selve opmuringen oplystes, at prisuranten for svendens arbejde var den samme for en 70 mm bred sten som for en sten med normalformat.

Ved licitationen i Esbjerg medio 1982 blev der afgivet priser dels for skalmursløsningen dels for løsninger med pladebeklædning. Det billigste tilbud på skal-

mursløsningen var på 1.564.000,- kr., hvilket svarer til 391,- kr. pr. m² (40 gavle à ca. 100 m²). Det næstbilligste var på 1.863.000,- kr. svarende til 466,- kr. pr. m². Det oplystes af muremesteren med det billigste tilbud, at det var afgivet i en presset situation og derfor var urealistisk lavt. En rimelig og fornuftig pris havde ifølge muremesteren været ca. 450,- kr. pr. m².

Det billigste tilbud på pladebeklædning ved licitationen var en løsning med glasfiberarmerede polyesterplader, som havde et påvalset lag af knuste natursten på facadesiden, og tilbuddet lød på 1.921.000,- kr. svarende til 480,- kr. pr. m². Uden for licitationen blev der indhentet priser på en beklædning med aluminium på 1.400.000,- kr. svarende til 350,- kr. pr. m² og på beklædning med nye betonlementer (100 mm tykke) på 1.841.000,- kr. svarende til 460,- kr. pr. m².

Ved udarbejdelsen af det billigste tilbud på skalmuring havde muremesteren regnet med en indkøbspris pr. binder på 4,50 kr. og 6,00 kr. for montagen. Hertil kommer muremesterens tillæg. Regnes dette til 35% (som i Struer-projektet), fås en tilbudspris for den færdigmonterede binder på 14,20 kr.

Endvidere oplystes det, at prisen for en færdig sokkelbjælke var på ca. 8.000,- kr. pr. gavl.

Med henvisning til de 2 nævnte projekter kan det kort sammenfattes, at det ved skalmuring med mursten – uanset funderingsforhold og om den eksisterende væg er af beton eller mursten – vil være rimeligt at forvente en kvadratmeterpris på ca. 450,- kr. ekskl. moms. Dette prisniveau er fra medio 1982 og inkluderer alle tillæg.

Konklusion

Hvis det ikke er muligt at føre et skalmursfundament helt ned til en selvstændig fundering uden væsentlige gener el-

ler ekstra omkostninger (f.eks. fjernelse af fortov eller gennembyrning af vej), bør der vælges en af de tidligere nævnte former for »ophængning« af skalmuren. Generelt bør fundamentsløsningen naturligvis i øvrigt tilpasses de specielle forhold, der måtte gøre sig gældende.

Hvis det besluttes, at der skal bruges en løsning, hvor skalmuren »ophænges« på det eksisterende fundament, vil metoden med tegloverligger båret af beslag (uden overflange) givetvis kun være attraktiv under specielle forhold, f.eks. ved spring i sokkelhøjde. Selv sådanne steder vil det dog muligvis være at foretrække at benytte en løsning baseret på gennemgående vinkeljern. Hvor der ikke forekommer spring i niveau, bør en betonbjælke støbt på stedet have en fremtrædende plads i overvejelserne.

Hvis der med hensyn til vindbelastning regnes med en 15 m høj bygning, en ruhedsparemeter på 0,01 (svarende til »glat« terræn f.eks. vandarealer og hedsletter uden læhegn), formfaktor 1,5, partialkoefficient på last på 1,5 og overfor brud på 3,0, fås den maksimale vindbelastning pr. fladeenhed til:

$$q_v = 1,0 \times 1,5 \times 1,5 \times 3,0 = 6,75 \text{ kN/m}^2$$

Denne brudværdi er på den sikre side i forhold til brudværdien for en 4-5 etages bygning beliggende lige ud til Vesterhavet uden nogen form for læ og for et væsentlig højere hus beliggende i bymæssig bebyggelse. Med minimum 4 bindere pr. m² fås den højst tænkelige brudbelastning pr. binder til $6,75 : 4 = 1,7$ kN. Heraf ses, at der i alle normalt forekommende tilfælde vil være rigelig styrke (i Struer målt på byggepladsen 4,9 kN og en spredning på 0,6 kN) i metoden med den bølgeformede binder.

Til fastgørelsen af binderne anbefales det ud fra de foretagne forsøg at anvende tørmørtel, C 100/400.

Det er muligt, at løsninger med ekspansions- eller klæbeforankring på

grund af mindre nødvendig hulstørrelse, vil være konkurrencedygtige, når den eksisterende væg er af beton. Hvis den er af mursten, er der næppe tvivl om, at metoden med den bølgeformede binder faststøbt i liggefuger må betragtes som særdeles velegnet. Før en skalmuring påbegyndes, bør der udføres udtrækningsforsøg med binderne fastgjort i den oprindelige ydervæg.

I Struer-projektet blev der skalmuret 8 gavle à 100 m² med 70 mm brede sten, og det kan kort konkluderes, at denne stentype var hverken langsommere eller dyrere at bruge end mursten med normalformat. Fordelene ved at benytte 70 mm brede sten vil især vise sig,

- hvor byggelinjer sætter snævre grænser for tykkelse af isolering + skalmur.
- hvor der kun er et forholdsvis lille tagudhæng, således at det ikke kan lade sig gøre at tildække en skalmur og isolering uden større ændringer ved tagkonstruktionen.
- hvor skalmuren skal bæres af en form for »ophængning«, og der på det eksisterende fundament kun kan tillades en forholdsvis lille ekstrabelastning.

Ekspertene er i dag enige om, at skal der udføres en tillægsisolering, opnås det bedste resultat ved at placere isoleringen på den kolde side af ydervæggen, d.v.s. udvendigt på huset.

Af fordele ved at placere isoleringen på den udvendige side af ydervæggen kan nævnes:

- Man undgår kuldebroer ved de massive udmuringer ved skillevægge, ved vinduesfals og ved etageadskillelser.
- Den udvendige isolering og beklædning kan udføres uden væsentlige gener for beboerne.
- Ved at opsætte en ny facade kan man i en række tilfælde spare vedligeholdelse eller istandsættelse af de gamle facader.



KALK- OG TEGLINFORMATION

TLF. (06) 28 38 11

TEGLBÆKVEJ 20

8361 HASSELAGER

MURERFAGETS OPLYSNINGSRÅD

TLF. (01) 37 25 00

PEBLINGE DOSSERING 36

2200 KØBENHAVN N.