

69. 022. 3

Bne 663

SÆRTRYKK 92

Teknisk-økonomisk sammenlikning av ytterveggskonstruksjoner

Av sivilingeniør ØIVIND BIRKELAND
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1964

Norges byggforskningsinstitutt

s 69.022.3

B

ley

Teknisk-økonomisk sammenlikning av ytterveggskonstruksjoner

Technical and Economic Comparison of External Wall Structures

ØIVIND BIRKELAND*

Innledning

En ytterveggs virkemåte er komplisert. Dens viktigste funksjon er å gi beskyttelse mot været; dvs. å muliggjøre at vi holder det ønskede innendørsklima uavhengig av værforholdene ute. Utformingen og behandlingen av fasaden er viktig for den arkitektoniske virkning av bygningen. Til dels utgjør veggkonstruksjonen en del av bygningens bærende konstruksjon. Veggkonstruksjonen influerer gjennom innflytelse på brenselomkostningene og vedlikehold i forskjellig grad på bygningens årlige omkostninger. Veggtykkelsen har også økonomisk betydning — i alle fall på begrensede tomter hvor tykkelsesvariasjonene ikke kan legges utover. Alt dette gjør en eksakt prismessig sammenlikning som står for kritikk, meget komplisert. Det er ikke nok å prisen beregne ytterveggene for en eller flere bygninger i flere alternativer. En forandring av ytterveggen kan nødvendiggjøre en forandring av hele bygningens bærende konstruksjon, slik at hele bygningen må trekkes inn i prisen beregningen. Dessuten må man beregne både anskaffelsesomkostninger og årlige omkostninger. Her er det ikke gjort forsøk på noen slik inngående prisanalyse. Det kan i det hele tatt diskuteres om en virkelig korrekt prismessig sammenlikning er mulig.

En rasjonell teknisk vurdering av de forskjellige ytterveggskonstruksjoner er derimot lettere. Hovedvekten er derfor her lagt på den tekniske sammenlikning, men denne er supplert med enkelte prisen beregninger utført som vanlige entreprenørkalkulasjoner. For hjelp her må særlig takkes *Grunn- og Høybygg A/S* ved sivilingeniør *Senstad*, *A/S Ungdomsbygg* ved sivilingeniør *Brekke* og *Andresen & Halvorsen A/S* ved murmester *Asland*.

* Direktør, Norges byggforskningsinstitutt.

Antallet veggkonstruksjoner som i dag brukes, er stort. De her utvalgte 6 konstruksjoner må sees som eksempel på en rekke forskjellige hovedtyper. Innenfor hver enkelt slik hovedtype er meget store variasjoner mulig, (også prismessig), f. eks. ved valg av andre kledningsmaterialer og overflatebehandlinger. De veggkonstruksjoner som er vist og priskalkulert er stort sett det billigste alternativ av vedkommende type.

På grunn av forskjellige klimaforhold, sedvaner og lover og forskrifter, avviker byggepraksis i de nordiske land en del fra hverandre. De veggkonstruksjoner som er utvalgt her er først og fremst representative for norsk praksis. Likeledes er alle beregninger av den last veggen kan bære, utført i overensstemmelse med norske byggeforskrifter. Beregning av veggens varmeisolasjon er derimot så langt mulig utført etter Babs 1960. Det er disse bestemmelse som ligger nærmest det foreliggende forslag til felles nordiske varmeisolasjonsbestemmelser.

For prissammenlikningen er lagt til grunn et veggfelt med to vinduer, slik som det skjematisk fremgår av figurene 1—6. Dette er fasadeutforming som formodentlig i dag ikke vil bli tegnet av noen arkitekt, men den inneholder alle de detaljer som har teknisk og økonomisk betydning. Utførelsen av de valgte 6 veggkonstruksjoner skulle for øvrig fremgå av figurene.

Vegg 1. Skallmur av tegl

Veggen har meget gode egenskaper når det gjelder varmemotstandsevne. Den er med tilstrekkelig frostbestandig fasadestein praktisk talt vedlikeholdsfri, og kan brukes også i utpregede slagregnstrøk når det sørges for den nødvendige utledning av vann som trenger gjennom ytre vange. Sprekker i ytre vange blir i alminnelighet ikke skjemmende eller sjenerende. Den ansees tilstrekkelig vindtett, slik at uheldige konveksjonsstrømninger ikke oppstår. Varmeisolasjonsevnen er god, $k = 0,32 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$. Binderne mellom ytre og indre vange utgjør kuldebroer, som imidlertid vanligvis ikke fører til feil eller misfarginger. Det synes ikke å være fare for skadelig kondens inne i veggen.

Pr. 1m kan pilaren mellom vinduene oppta en last på ca. 10 000 kg. Det er forutsatt at lasten ligger sentrisk på indre vange, at det brukes mørtel KC 50/50 og stein av brenningsgrad B eller C (i indre vange). Brannteknisk er veggen god.

Innvendig pussbehandling er alminnelig akseptert som innvendig overflatebehandling. Veggtykkelsen er 34—35 cm. For nærmere detaljer om veggens utførelse kan henvises til [1].

SAMMENLIKNING AV YTTERVEGGSKONSTRUKSJONER

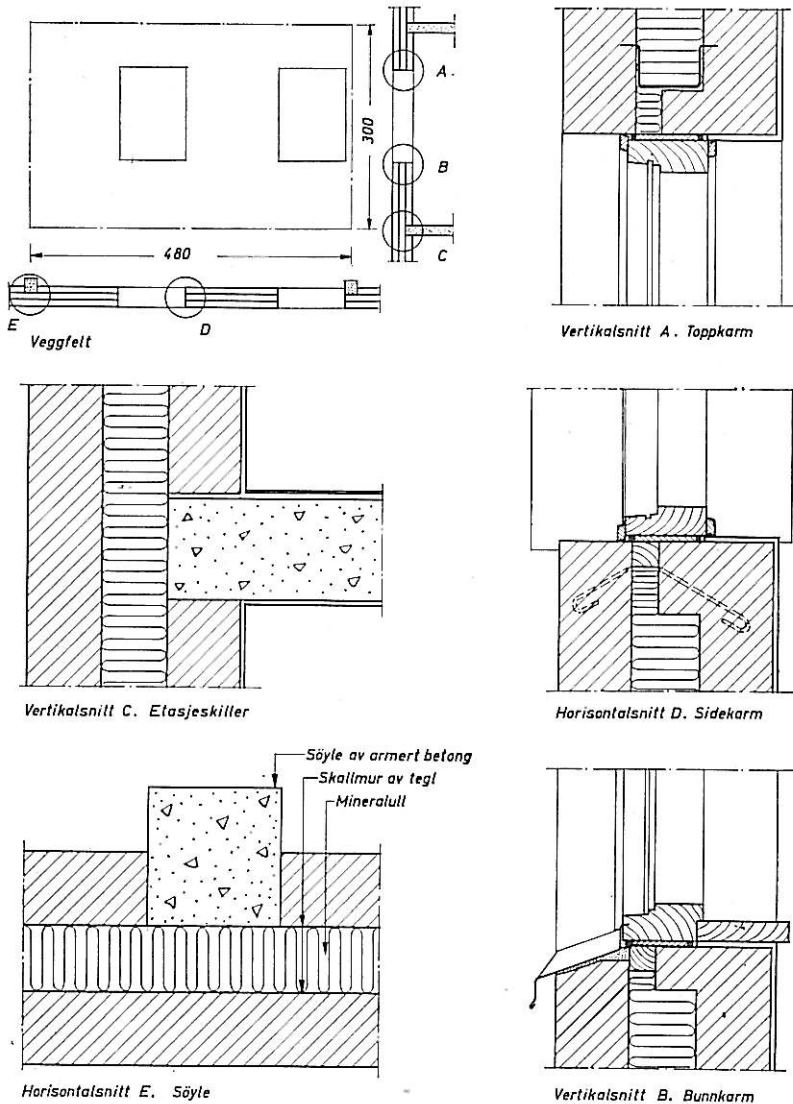


Fig. 1. Skallmur av tegl. Utenfra og inn består veggen av $\frac{1}{2}$ -stein maskinbanket fasadestein, fuget, 10 cm mineralull 30 kg/m^3 , bindere av $\varnothing 5 \text{ mm}$ galvanisert stål i 50 cm ruter, $\frac{1}{2}$ -stein bakmurstein med konvensjonell puss. Vindusinnsetting som vist med kittstrimmel ut- og innvendig som respektive vind- og dampetting. • Brick cavity wall. From exterior to interior, this wall consists of: a leaf, 11 cm thick, made of machine-finished facing bricks; a layer of mineral wool, 30 kg per m^3 in unit weight and 10 cm in thickness; galvanised steel ties, 5 mm in diameter at $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ centres; and a leaf, 11 cm thick, made of common bricks and conventionally plastered. Windows fixed as shown, with exterior and interior sealing compound used for wind-proofing and damp-proofing, respectively.

Vegg 2. 15 cm armert betong isolert utvendig med lettbetong

Figuren viser en utvendig isolert vegg og det er denne som er priskalkulert. Professor Granum har i sitt foredrag diskutert spørsmålet om utvendig og innvendig isolasjon. En konklusjon her er imidlertid forholdsvis klar, innvendig isolering medfører såpass mange ulemper at utvendig isolering bør foretrekkes der hvor dette er mulig.

Da det her er forutsatt en lettbetongisolering behandlet med tynnpuss, er varigheten og slagregnmotstanden som vanlig for lettbetongkonstruksjoner. Men faren for sprekkdannelser skulle under forutsetning av korrekt armering av betongen, være mindre enn ved murte lettbetongvegger. På mer utsatte steder bør tynnpussen, som ved alle massive ytterveggskonstruksjoner, erstattes med en kledning. Vindtettheten er god. Varmeisolasjonen svarer til $k = 0,65$ kcal/m² h °C): dårlig i forhold til det man er vant til å kreve i dag. Den kan lett forbedres ved å bruke tykkere lettbetongisolering. Dette er imidlertid ikke vanlig.

Det er ikke fare for kondens i veggen p. g. a. fuktighet innenfra. Veggen kan bære forholdsvis store laster. Med minimumsarmering (enkeltarmering) og betong B 250, beregnet etter NS 427 A, kan veggen oppta ca. 42 000 kg pr. m bredde av vinduspilaren. Denne lasten kan økes ved å bruke dobbeltarmering og bedre betongkvalitet. En økning av veggtykkelsen kan også gjennomføres med lave tilleggsomkostninger. Brannteknisk er veggen god. Innvendig pussbehandling ansees i alminnelighet som en tilfredsstillende overflate. Veggtykkelsen er 31—32 cm.

Vegg 3. 15 cm armert betong isolert utvendig med mineralull

En slik utvendig isolering er værbestandig og korrekt utført tett mot slagregn og også tilstrekkelig vindtett (hvis pappen har godt klemte skjøter). En isolering som her bør ikke brukes innvendig. Hvis kledningen males er varigheten avhengig av malingens varighet.

Veggens arkitektoniske virkning kan varieres innen meget vide grenser med utformingen av kledningen og valg av andre kledningsmaterialer enn de her forutsatte. En slik endring kan imidlertid ha stor innflytelse på prisen. Veggens varmeisolasjon svarer til $k = 0,33$ kcal/m² h °C, altså god. Varmeisolasjonen kan lett økes ved å øke mineralullens tykkelse. Det er ikke fare for kondens på grunn av fuktighet innenfra. Veggens evne til å bære belastninger er som for veggen ovenfor. De branntekniske egenskaper er akseptable. Innvendig overflatebehandling — puss — er allment akseptert. Veggtykkelsen er knapt 30 cm. Veggens utførelse i detalj er vist i [2].

SAMMENLIKNING AV YTTERVEGGSKONSTRUKSJONER

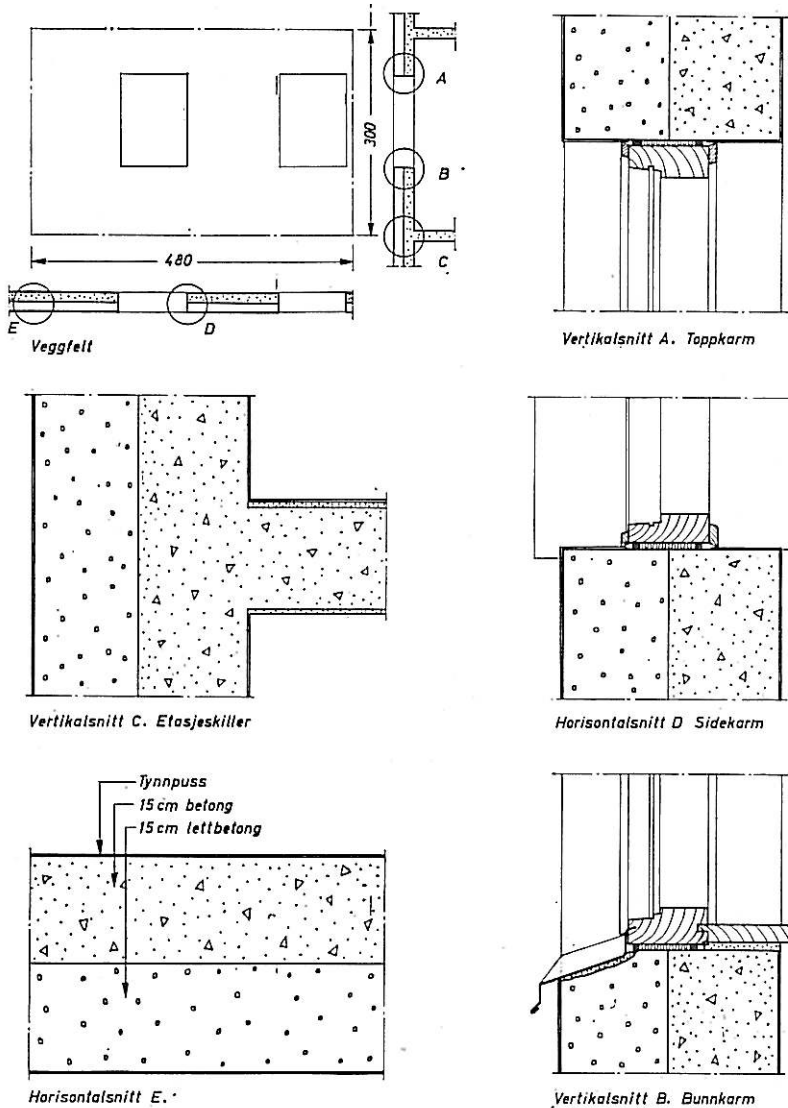


Fig. 2. 15 cm armert betong isolert utvendig med 15 cm gassbetong. Veggens består av 15 cm gassbetong 0,4 satt i forskalingen og støpt fast til armert betong, utvendig behandlet med tynnpuss som påføres som to gangers slemming med gresskost med minst ett døgn mellomrom. Første slemmingsstrøk filses, siste strøk stoples. Innvendig brukes konvensjonell puss. • Concrete wall with exterior gas concrete insulation. The reinforced concrete, 15 cm thick, is insulated with a layer of gas concrete, 0.4 in density and 15 cm in thickness, which is placed in the wall form, and is bonded to the dense concrete. The external surface is covered with a "thin rendering" applied in two coats with a semi-stiff fibre-brush. The finishing coat is applied at least 24 hours after the first coat, and is stippled. The internal finish of the wall consists of conventional plaster.

Norges Byggetekniske Museum

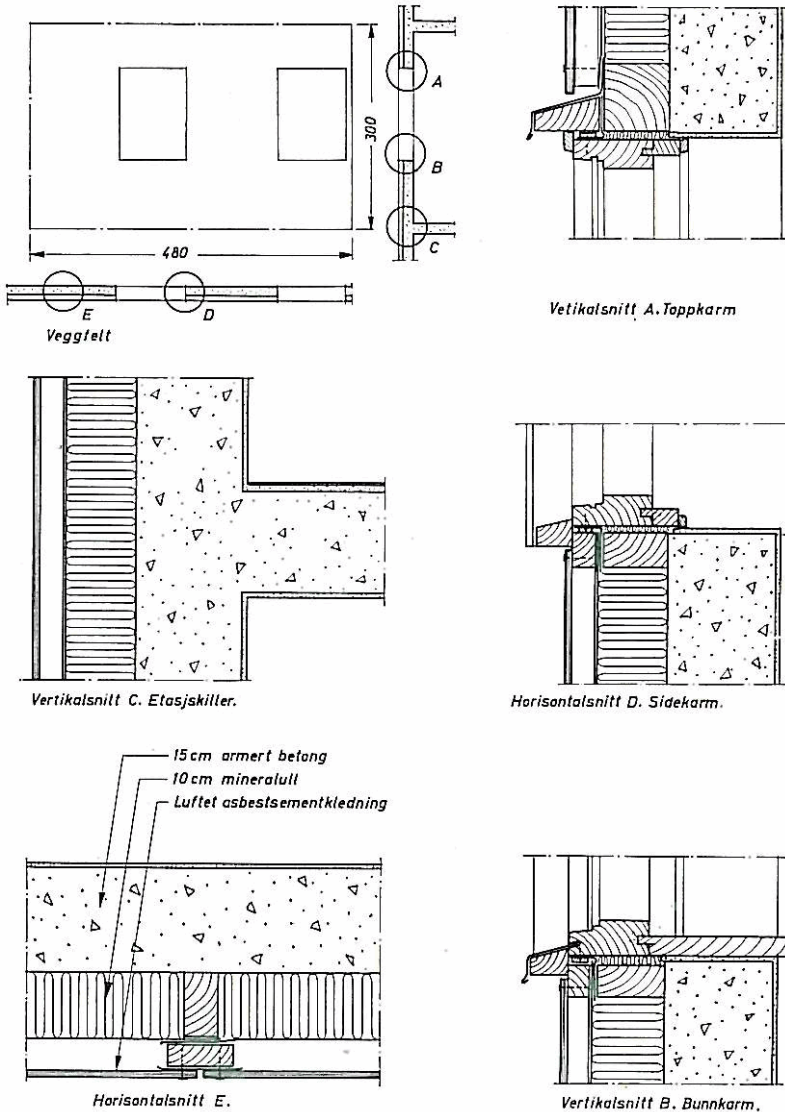


Fig. 3. 15 cm armert betong isolert utvendig med mineralull. Betongveggen er isolert med 10 cm mineralull som settes opp i to lag mellom 2" x 4" spikerslag skutt fast til betongen og mellom disse kryssende 2" x 4" fastspikret til de fastskutte spikerslag. Utenpå følger ett lag forhudningspapp med klemte skjøter, luftrom og asbestsementplater. • Concrete wall with exterior mineral wool insulation. The reinforced concrete, 15 cm thick, is insulated with two layers of mineral wool, 10 cm in total thickness, placed between 2 in. x 4 in. studs, which are attached edgewise to the concrete, and with 2 in. x 4 in. uprights nailed broadwise to the studs. Furthermore, this wall structure comprises a layer of building paper with clamped joints, an air space, and asbestos cement boards.

Vegg 4. Bindingsverk av tre

Værbestandigheten er god, og korrekt utført er veggen meget tett mot slagregn. Hvis veggen males er varigheten avhengig av malingens varighet. Med papplag med klemte skjøter (eller limte) ut- og innvendig, er veggen meget vindtett. Det er ikke fare for skadelig kondens i veggen hvis papplagene er av hensiktsmessig tetthet. Ved ventilasjonsanlegg som forårsaker overtrykk inne i huset, må imidlertid den største forsiktighet utvises, slik at det diffusjonstette sjiktet på innsiden blir *varig* tett. Varmeisolasjonsevnen svarer til $k=0,35$ kcal/m² h °C. Selve bindingsverket utgjør svake partier varmeteknisk sett, men kan neppe betraktes som noen egentlig kuldebro.

Veggens utseende kan — som for den forannevnte vegg — varieres innen meget vide grenser med tilsvarende konsekvenser for prisen. Veggen kan ikke bære store vertikale laster (bare de som er vanlige i lette hus på opptil 2 etasjer). Ifølge det forslag til felles nordiske bygningsbestemmelser som er utarbeidet av Nordisk komite for bygningsbestemmelser [3], kan veggen for vanlige boliger og arbeidslokaler, hvor det ikke foregår spesielt ildsfarlig virksomhet, brukes til de høyder som kan nås med vannpåsprøyting fra de stige-biler som står til vedkommende brannvesens disposisjon.

Den innvendige kledning er ikke ideell. Andre, noe bedre (og dyrere) kledninger finnes, men et ideelt innvendig kledningsmateriale mangler.

Veggen er den billigste variant av gruppen curtain walls. Ved valg av andre rammematerialer og andre kledningsmaterialer kan det fremstilles vegger i de aller høyeste prisklasser.

Alle har det til felles at varmekapasiteten er lav og at derfor beskyttelsen mot overoppvarming fra solen er mindre god. Bortsett fra dette synes den lave varmekapasitet imidlertid ikke å være uheldig selv ved intermitterent fyring.

Veggtykkelsen er knapt 20 cm. For detaljer om veggens utførelse henvises til [4].

Vegg 5. Lettbetongmur av 25 cm gassbetong 0,4

Varigheten og slagregnsmotstanden er som vanlig ved lettbetong ikke den beste under vanskelige værforhold. Til dette kommer at faren for dannelse av riss og sprekker er til stede, slik som vanlig ved massive ytterveggskonstruksjoner. Som ved alle slike massive konstruksjoner bør veggen derfor på mer utsatte steder beskyttes med en utvendig kledning. Vindtettheten er bra. Det vil i alminnelighet ikke være fare for skadelig kondens inne i veggen, hvis den

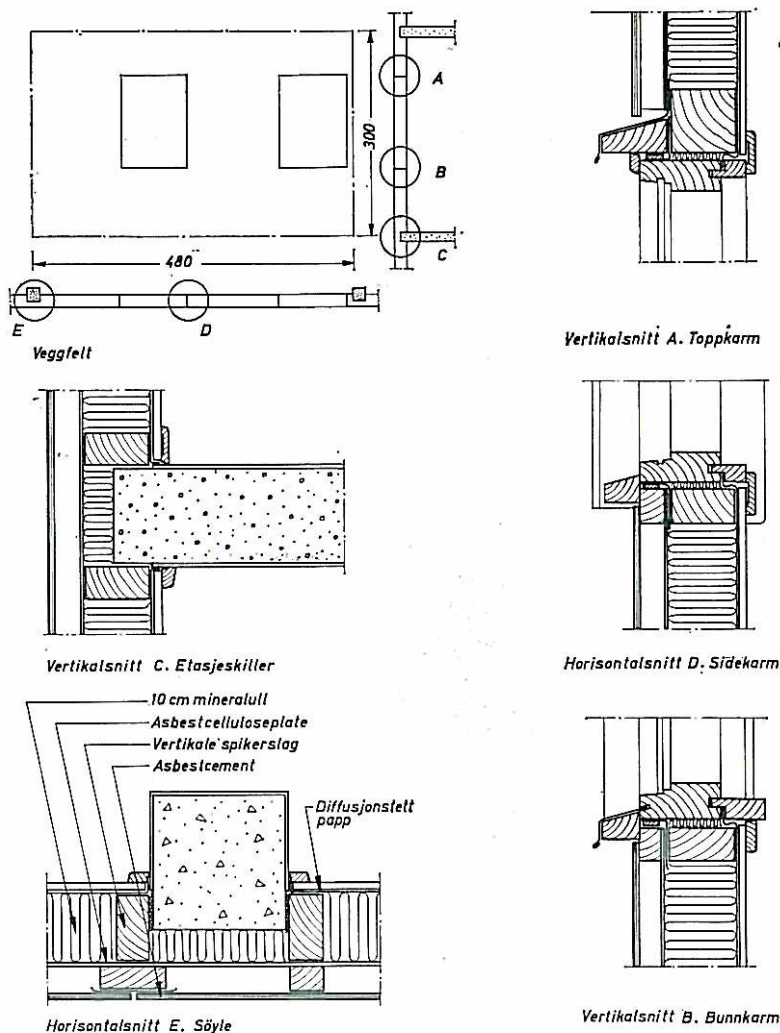


Fig. 4. Bindingsverksvegger av tre. Bindingsverket utføres av tre med dimensjoner 2" x 4" med stolper i 60 cm c/c. Bindingsverket skytes fast til betongen. Det tettes med laftervatt mellom betong og bindingsverk. For øvrig er veggen bygd opp slik, regnet utenfra og inn: Asbestementplater, luftmellomrom, Forhudsningpapp 600 g/m², 10 cm mineralull 30 kg/m³, Diffusjonstett papp, 13 mm gipsplater. Pappen forutsettes trukket fram og klemt til karmen. • Timber-framed curtain wall. The timber frame consists of 2 in. x 4 in. members. The posts are spaced 60 cm centre to centre. The timber frame is attached to the concrete. The interstices between the concrete and the timber frame are sealed with impregnated mineral wool strips. For the rest, this wall structure comprises, from exterior to interior: asbestos cement boards, an air space, building paper weighing 600 g per m², a layer of mineral wool, 30 kg per m³ in unit weight and 10 cm in thickness, a vapour barrier, and gypsum plasterboard, 13 mm thick. The building paper and the vapour barrier are assumed to be extended to, and clamped at, the window frames.

SAMMENLIKNING AV YTTERVEGGSKONSTRUKSJONER

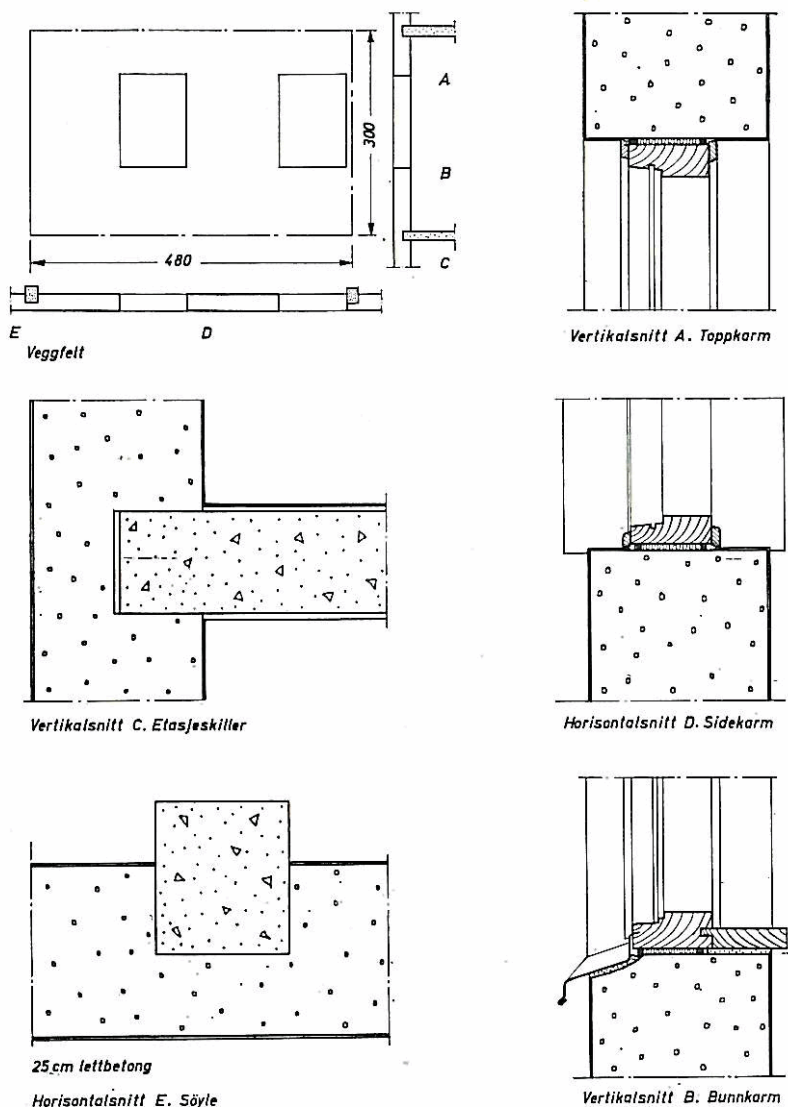


Fig. 5. Lettbetongvegg. Lettbetongvegg av 25 cm gassbetong 0,4 blokk eller stav presisjons-skåret, lagt opp i lim. Utvendig tynnpuss som påføres som to gangers slemming med gresskost med minst ett døgn mellomrom. Første slemmingsstrøk filses, siste strøk stoples. Innvendig behandling med tynnpuss som trekkes på og filses slik at det fremkommer et beleg på 2—3 mm. ● Lighthweight concrete wall. This wall is built of precision-cut, glue-jointed gas concrete blocks or oblong units. The external surface is covered with a "thin rendering" applied in two coats with a semi-stiff fibre-brush. The finishing coat is applied at least 24 hours after the first coat, and is stippled. The internal finish of the wall consists of thin plastering, which is applied and felt-floated so as to produce a coat 2 to 3 mm in thickness.

ikke brukes i bygninger med særlig fuktige rom og/eller høy temperatur. Veggens varmeisolasjon svarende til $k=0,55$ kcal/m² h °C. Her er regnet med limte fuger, og det er derfor anslått en noe bedre λ -verdi enn angitt i Babs for murte fuger. De branntekniske egenskapene er gode. Veggens bærelast er ca. 6 750 kg pr. lm vinduspilar. Innvendig pussbehandling ansees som akseptabelt. Veggtykkelsen er 26—27 cm. For detaljer om veggens utførelse vises til [5].

Vegg 6. Sandwichvegg av betong

Med den her valgte utførelse er overflatens værbestandighet avhengig av malingen. Men selve overflatens varighet, bortsett fra malingen, er god. Overflaten kan leveres med frilagte aggregater i ytterflaten og får da en ganske annen værbestandighet. Hvis man benytter lokale materialer blir tilleggsprisen ikke stor. I det hele tatt kan man ved sandwichvegger av betong fremstilt på fabrikk, ha god adgang til å variere overflaten, både gjennom selve overflatebehandlingen og ved å gi den relieffer etc. Hvis man for å oppnå ønskede fargevirkninger bruker spesielle tilslagsmaterialer som skaffes fra forskjellige kanter, eller går til slepne overflater og liknende kostbare behandlinger, begynner omkostningene å stige vesentlig.

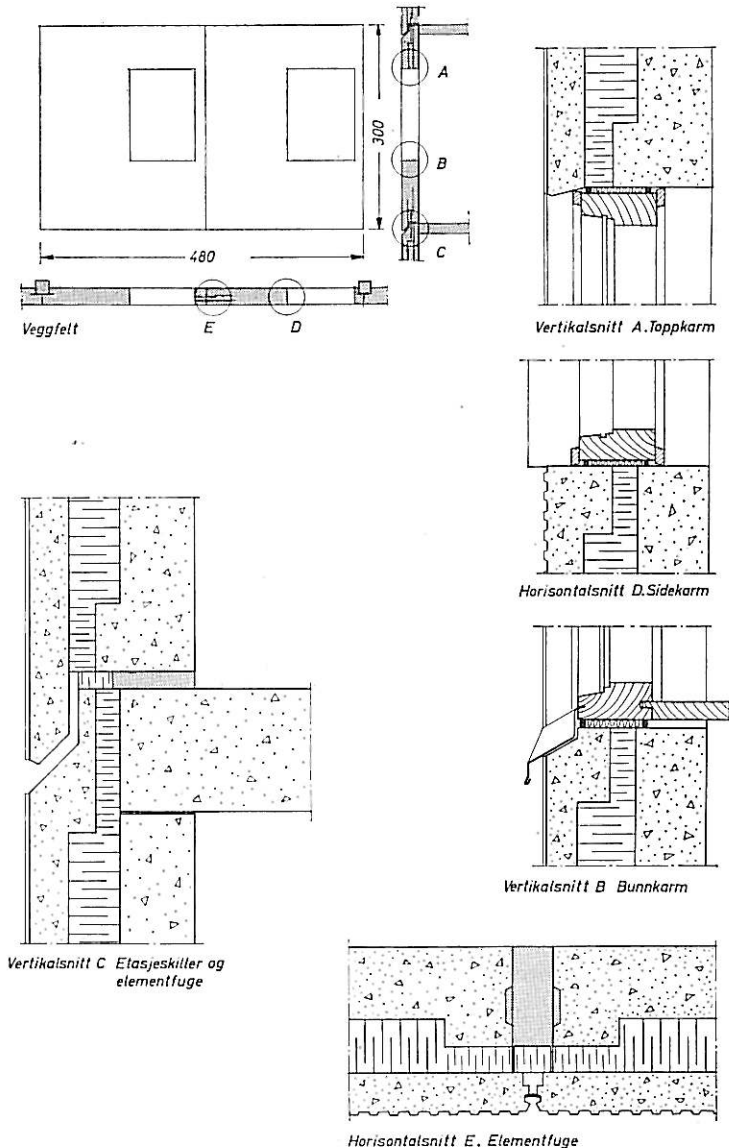
Regntettheten skulle med de viste fugeløsninger være god. Vindtettheten kan la noe tilbake å ønske, og blir sannsynligvis ikke bedre enn for en riktig utført bindingsverksvegg av tre. Varmeisolasjonen svarer til $k=0,38$ kcal/m² h °C. Bindere mellom ytre og indre vange betyr kuldebroer, men disse synes ikke å medføre misfarginger eller andre skader.

Veggens bærelast regnes i alminnelighet å kunne bære 7 500 kg pr. lm vinduspilar. Imidlertid vil man ved elementfremstilling forholdsvis enkelt kunne forbedre betongkvaliteten. Til dette kommer at forsøk viser at det vil være et visst samvirke mellom ytre og indre vange, slik at ytre vange virker knekkavstivende. Videre undersøkelser vil sikkert muliggjøre en betydelig bedre utnyttelse av slike konstruksjoner.

De branntekniske egenskaper er forholdsvis bra. Den benyttede isolasjon — skumplast — smelter imidlertid ved en forholdsvis lav temperatur, og selv en mindre farlig brann kan derfor skade isolasjonen vesentlig. Innvendig overflate skulle være akseptabel. Veggtykkelsen er 25 cm.

En vegg som denne skulle ha videre utviklingsmuligheter ved å gjøre både det innvendige og det utvendige skallet tynnere. Dette fører til materialbesparelser.

SAMMENLIKNING AV YTTERVEGGSKONSTRUKSJONER



Norges bysivillingsforbund

Fig. 6. Betongelement sandwichvegg. Veggene består regnet utenfra og inn av 5 cm armert betong, 8 cm styroporskum, 11 cm armert betong. Fugene utstøpes innvendig med mørtel og isoleres. Den utvendige regntetting utgjøres av en slagregnslist med ventilert hulrom bak. • Sandwich concrete panel wall. From exterior to interior, this wall comprises: a layer of reinforced concrete, 5 cm thick, expanded polystyrene insulation, 8 cm thick, and a layer of reinforced concrete, 11 cm thick. The joints are filled with mortar, and are insulated. The exterior rain-proofing consists of a baffle to prevent the entry of wind-driven rain, with a ventilated air space behind it.

Prisberegningene

Innledningsvis er nevnt noen av årsakene til at det er nesten umulig å komme fram til en holdbar prissammenlikning av yttervegger for større hus, hvor man tar hensyn til forskjellig evne til å bære belastninger, forskjellig varmeisolasjon, forskjellig vedlikehold osv., og det er da — som også nevnt innledningsvis — ikke her gjort noe forsøk på en slik sammenlikning.

Kalkulasjonene er utført som vanlige entreprenørkalkulasjoner. Det er forutsatt en byggeplass med 30 mann i akkordarbeid (gjennomsnittlig i byggetiden), 3 mann på dagtid, en formann og en hjelpeformann.

Prisen er beregnet for et veggfelt med de mål som er gitt på tegningen med to vindusåpninger. Det er regnet med alle anslutninger til dekker og søyler, samt innsetting av vinduet, men ikke selve vinduets pris. Det er ikke tatt hensyn til utsparinger for tekniske anlegg, flekkarbeider og forberedende arbeider. Prisene refererer seg til Oslo-området. For betongelementalternativet er det regnet med 25 km kjøring fra elementfabrikk til byggeplass.

Det viser seg at det innenfor en slik ramme om priskalkulasjonen, kan forekomme ikke helt ubetydelige variasjoner i prisen for den enkelte veggtype. Av denne grunn, og fordi slike priser som de her beregnede avviker en del fra de priser man ser i praksis, er ikke de kalkulerte priser referert. Det viser seg at prisene faller i tre grupper, og veggene er derfor her karakterisert ved hvilken av de tre prisgrupper de tilhører (se *tabell 1*, øvre prisgruppe, midlere prisgruppe, nedre prisgruppe).

Hvis laveste pris i nedre prisgruppe settes til 100, så ligger nedre prisgruppe fra 100—110, og øvre prisgruppe fra 140—150. For de fleste veggtyper foreligger det muligheter for å variere overflatebehandlingen, bruke andre kledningsmaterialer, osv. Skallmur i tegl, veggtype 1, danner her en unntakelse, idet den bare kan varieres gjennom valg av stein og fugingen.

Disse forandringer kan ellers ha forholdsvis stor innflytelse på prisen. Denne innflytelsen på prisen er så stor at en vegg i nedre prisgruppe lett kan tenkes å passere en vegg i øvre prisgruppe i pris. Særlig utpreget er dette for veggtype 4, hvor en vegg med prinsipielt den samme utformingen, men med et annet materialvalg enn det her angitte, kan komme opp i den mangedobbelte pris. Flere av de veggtyper som er omtalt her, kan man derfor i praksis finne i forskjellige prisklasser, alt etter materialvalg og utforming av overflaten. Hvis man derimot holder seg til de enkleste utførelsesformer, slik som her, skulle den innbyrdes rekkefølge bli som angitt.

Sammenlikning av veggene

En sammenstilling av de undersøkte veggkonstruksjoners egenskaper er gitt i tabell 1.

Ved å studere denne tabellen ser man at alternativene med betongvegg støpt på stedet (Vegg 2 og 3) kommer forholdsvis dårlig ut av sammenlikningen. Økonomisk sett hører de til de ugunstigste vegger, og vegg 2 med lettbetong-isolering er dessuten for dårlig isolert i forhold til de krav vi er tilbøyelig til å stille i dag. Motstandsevnen mot været kan være i svakeste laget på utsatte steder. Vanligvis vil man vel heller ikke nøyes med bare grå asbestsementplater utvendig, som i vegg 3, men forlange en fargebehandling. Dette vil øke prisen. Som en konklusjon for begge disse veggens vedkommende kan man si at de bare synes å ha noen berettigelse der hvor man absolutt trenger betongveggen som bærende konstruksjon. Men også i disse tilfeller kan det diskuteres om det ikke er formålstjenlig å samle den bærende funksjon i en søyle og benytte en av de andre vegger. Hvis man skal velge mellom de to alternativer med betongvegg støpt på stedet, bør antakelig alternativet med mineralullisolering velges, særlig på utsatte steder.

Innvendig isolering, som ikke er undersøkt her, gir muligheter for en variert fasade hvor man utnytter betongen som fasademateriale. Betong utvendig betyr imidlertid løsninger som medfører en del betenkeligheter (jfr. professor Granums foredrag). I disse tilfelle vil det derfor være riktigst å benytte en vegg som nr. 6.

Denne vegg, sandwichvegg av betong, er en vegg som tilfredsstillende godt de fleste krav man kan stille, teknisk sett. Samtidig må man anta at et nærmere studium av samvirket mellom ytre og indre skall, sammen med det faktum at vegg fremstilles på fabrikk med den nøyaktige kontroll som dette gjør mulig, vil medføre at tykkelsen både hos indre og ytre skall burde kunne reduseres. Hvis man betrakter sandwichveggen som en ren ikke bærende vegg, kan tykkelsen av det indre skallet reduseres. Alle de mange forskjellige overflatebehandlinger av betong som i dag er mulig, utføres lettest på en fabrikk. Alt dette gjør antakelig denne vegg til den gunstigste vegg, hvis man ønsker en vegg hvor betongens egenskaper som fasademateriale utnyttes.

Til den her foreliggende sandwichvegg kan man gjøre den innvending at isolasjonsmaterialet smelter ved lave temperaturer. Isolasjonsmaterialet burde imidlertid lett kunne erstattes av et med bedre branntekniske egenskaper, f. eks. mineralull av høy romvekt.

Bindingsverksveggen og den limte lettbetongveggen er typiske rimelige vegger. De har derfor i dag en meget stor utbredelse, særlig i boligbygg.

Tabell 1. Sammenstilling av veggens egenskaper

| Egenskap | Veggkonstruksjon | | | | | |
|--|------------------------------------|--|--|---|---|--|
| | Vegg 1 Skall- mur av tegl | Vegg 2 15 cm ar- mert betong isolert utvendig med 15 cm lettbetong | Vegg 3 15 cm ar- mert betong isolert utvendig med mineralull | Vegg 4 Bindings- verksvegg av tre | Vegg 5 Let- betongmur av 25 cm gass- betong 0,4 | Vegg 6 Sandwich- vegg av betong |
| Motstandsevne mot slagregn | God | Ubrukbar på særlig utsatte steder | God | God | Ubrukbar på særlig utsatte steder | God |
| Vindtetthet | God | God | God | Tilfredsstillende | God | Tilfredsstillende |
| Motstandsevne mot skadelig kondens i vegg | God | God | God | God | Tilfredsstillende | Tilfredsstillende |
| Varmeisolasjon k i kcal/m ² h ° C | 0,32 | 0,65 | 0,33 | 0,35 | 0,55 | 0,38 |
| Varmebestandighet utvendig | God | For svak på utsatte steder | God | God | For svak på utsatte steder | Malt flate gir litt kort varighet |
| Evne til å motstå innv. påkjenninger fra bruk | Brukbar | Brukbar | Brukbar | Litt svak | Brukbar | God |
| Brannmotstandsevne | God | God | Kan brukes til høyder hvor stige-biler rekker | Kan brukes til høyder hvor stige-biler rekker | God | God bortsett fra at isolasjonen smelter ved lave temp. |
| Evne til å føre lasten ned til grunnen | 10 000 kg | 42 000 kg | 42 000 kg | — | 7 250 kg | 7 500 kg |
| Pris | Øvre pris-gruppe | Øvre pris-gruppe | Øvre pris-gruppe | Nedre pris-gruppe | Nedre pris-gruppe | Midlere pris-gruppe |

I Norge har bindingsverksveggen de siste år vært anvendt i litt over 50 % av de boligblokkene som bygges. Det dreier seg her om teknisk sett bra vegger. Lettbetongveggen er ikke å anbefale i pusset utførelse på mer utsatte steder. Her kan den imidlertid benyttes med en kledning, men selv om dette betyr en fordyrelse vil den fortsatt høre til den gunstigste prisgruppen. Til bindingsverksveggen kan innvendes at antall etasjer hvor den kan anvendes, er begrenset av branntekniske grunner. Dessuten vil man vel heller ikke vanligvis godta grå asbestsement som fasademateriale, men forlange en fargebehandling. Dette ødelegger imidlertid ikke veggens konkurranseedyktighet prismessig sett.

Skallmur av tegl er en vegg som ligger ugunstig an i anskaffelsespris. Den er imidlertid med god fasadestein praktisk talt vedlikeholdsfri, og medfører samtidig lite brenselforbruk. Hvis man regner med de årlige omkostninger ligger denne veggen derfor økonomisk sett betydelig bedre an. Alle dens tekniske egenskaper er gode.

Konklusjon

Betong støpt på stedet som byggemateriale, er ikke særlig gunstig. I vegger bør det derfor først og fremst anvendes slik at man utnytter dets fasthetsegenskaper. Imidlertid kan man ved forskjellige behandlinger gi betong et slikt utseende at man av rent arkitektoniske grunner ønsker å bruke det som fasademateriale. I disse tilfeller er antakelig en sandwichvegg utført som et fabrikkfremstilt element, å foretrekke. Her kan man på en forholdsvis rimelig måte få utnyttet alle betongens arkitektoniske muligheter som fasademateriale.

Betong som ytterveggsmateriale burde først og fremst brukes der hvor man har bruk for fasthetsegenskapene og der hvor man vil utnytte dets spesielle estetiske virkning.

Teglsteinsvegg som skallmur kommer først og fremst på tale der hvor man ønsker teglstein som fasademateriale.

Hvis man ønsker vegger som er rimelig å bygge, bør man holde seg til lettbetong og de enkleste curtain walls utført som bindingsverksvegger av tre.

I den mer representative bygging og i den rene prestisjebygging blir som regel prisen mer underordnet. De fleste av de her undersøkte veggtyper har varianter som vil bli brukt også i slike bygg.

Summary

This paper presents a brief technical and economic comparison of six external wall structures, viz. a brick cavity wall with mineral wool insulation (Fig. 1); two concrete walls with exterior insulation made of lightweight concrete (Fig. 2) and mineral wool (Fig. 3), respectively; a lightweight concrete wall constructed of glued blocks (Fig. 5); and a sandwich concrete panel wall (Fig. 6). The main technical and economic data on these walls are given in Table 1.

This comparison has led to the conclusion that external cast-in-situ concrete walls should preferably be used only in the cases where the load-bearing properties of concrete are utilised, or where concrete is desirable as a facing material for architectural reasons. However, concrete is better utilised as a facing material in walls built of precast sandwich panels. The cheap walls are lightweight concrete walls and timber-framed curtain walls. Insulated brick cavity walls are favourable where bricks are preferred as a facing material.

Litteratur

- [1] Byggeforskningsinstitutts Byggedetaljblad NBI (21).201, Skallmur. Mur av betongstein.
- [2] Norg Byggeforskningsinstitutts Byggedetaljblad NBI (21).302, Varmeisolering av ygg, bet
- [3] Före ill byggnadsbestämmelser för lätta icke bärande Byggmäst , årg. 42, 1963, nr 11.
- [4] Norg byggeforskningsinstitutts Byggedetaljblad NBI (21) svinger av tre utført på stedet.
- [5] byggeforskningsinstitutts Byggedetaljblad NBI (21). te staver og blokker.