

# GEOBETON

H. EWALDSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

*21.2*

*00777P*

20 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT SÆRTRYK NR. 5

# KÆLDERYDERMURE AF GEOBETON

H. EWALDSEN

Civilingeniør



esse, at det lykedes at opnå Statens Byggeforskningsinstituts støtte til gennemførelsen af en større forsøgsrække på Danmarks tekniske højskole i sommeren 1948. Disse forsøg omtales nærmere nedenfor.

Herefter opstod tanken, at man kunne forøge chancerne for en almindelig anvendelse af geobeton, dersom man kunne anvende den jævnsides med grovbeton til kældermure for almindelige murstenshuse. At det var teknisk muligt, fremgik allerede af de allerførste forsøg, idet man der havde set, at geobetonen kunne ligge i vand i ugevis, uden at styrken forsvandt. Hvis geobetonen skal kunne gøre sig håb om at vinde almindelig udbredelse, må den ikke alene være stærk nok til formålet, den må også være mindst lige så tæt overfor fugtighed som grovbetonen, og endelig må den være afgjort billigere. Som det fremgår af det nedenfor anførte, synes alle tre betingelser at være opfyldt.

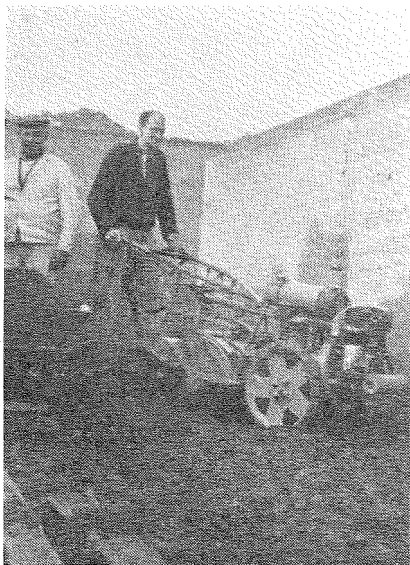


Fig. 2. Jordfræseren i arbejde.

### Resumé af forsøgene på Danmarks tekniske højskole.

Forsøgene udførtes af Geotek Boligbyggeri på laboratoriet for byggeteknik i samarbejde med professor Rambøll og ingeniør Glarbo fra laboratoriet og ingeniør Plum fra Statens byggeforskningsinstitut.

Udover de egentlige laboratorieforsøg blev der udført en del forsøg på at bestemme fugtighedsindholdet i stampe huse af højst forskellig alder.

Laboratorieundersøgelserne gennemførtes med tre forskellige jordarter: Een, der havde så ringe et lerindhold, at den var på grænsen af at kunne stampe, — een med et noget større lerindhold, og endelig een, der var så fed, at den nærmede sig stærkt til at være teglværksler.

Forsøgene udførtes på den måde, at der i laboratoriet opførtes stampe prøvemure i fuld tykkelse (50 cm), og fra disse udtoges med et specielt appa-

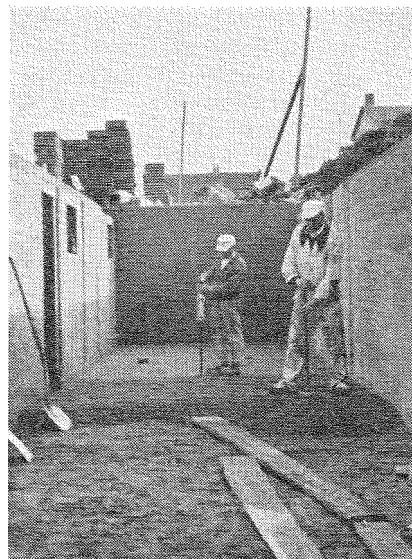


Fig. 3. Stampning af kældergulv.

rat små prøvecylindre, 5 cm høje og 4 cm i diameter, som senere knustes. Ved siden heraf udførtes dog også en del knusningsforsøg med 30 × 30 cm prøveterninger. Alt i alt udførtes 718 trykforsøg.

Af disse fremgik, at begyndelsesstyrken af den stampe jord skal være mindst 0,7 at. (kg/cm<sup>2</sup>), hvis man skal være i stand til at fjerne stampeformen umiddelbart efter stampningens ophør, og at den iøvrigt ligger imellem 0,7 og 2,5 at.

For at forøge en stampet murs isolerende evne, har man været inde på den tanke, principielt kun at stampe langs randene og lade midterpartiet ustampet, og der blev derfor udført en del forsøg for at belyse forholdene, dels når man stampe »massivt« d. v. s. i hele murens bredde, og dels når man kun »randstampe«. Det viste sig, at de brudstyrker, man fik i randpartierne ved randstamping praktisk taget var de samme, som man opnåede ved den massive stampning, og at kernestyrken ved randstamping lå væsentlig lavere, uden dog at blive så lille, at murens indre sammenhæng kom i fare.

Der blev gjort en del forsøg på at belyse forskellen imellem håndstamping og trykluftstamping, hvilket viste, at den sidste ved massiv stampning giver noget større styrker, hvad man også på forhånd måtte vente. De 28-døgns styrker, man kan vente at opnå for jord uden tilsætning af cement, ligger ved den massive stampning imellem 10 og 30 at og er uafhængig af stamperetningen, hvilket fremgik deraf, at man både udtog prøvecylindrene horisontalt og vertikalt, uden at dette viste nævneværdig forskel i styrke.

Iøvrigt samlede interessen sig naturligvis om trykforsøgene med den cementforstærkede jord, og der gennemførtes her et ikke ringe antal forsøg, delt op i to rækker, nemlig een med et cementindhold på 6 % efter vægt

og een med 10 % cement. 28-døgns styrkerne fandtes at ligge indenfor grænserne 45 og 75 at.

Fugtighedsundersøgelserne i eksisterende huse viste, at vandprocenten efter rumfang) med alderen synker mod een. I et 9 måneder gammelt hus var den 3,5 % — i et 25-årigt 1,3 % og i to huse, hvis alder var mere end 100 år, var den 1 %. De angivne værdier er gennemsnitstal. Som naturligt er, fandtes spredningen at være størst ved det yngste hus.

### Jordstampe huse.

Som allerede nævnt i indledningen, stamper de huse i næsten alle dele af verden: I Kina og Persien har man gjort det altid, og i Indien har man for nylig taget det op i stor stil, fordi der ved landets opdeling i Indien og Pakistan opstod store befolkningsbevægelser med et deraf følgende boligbehov. I Tyskland spiller det stampe huse en stor rolle i genopbygningen, og både Frankrig, England og U.S.A. kan opvise et betydeligt antal stampe huse.

Såvidt man forstår, stamper de fleste huse stadig efter de traditionelle metoder, d. v. s. med håndkraft og med benyttelse af simple stampeforme. Den cementforstærkede jord vinder dog mere og mere terræn, men man har indtryk af, at den næsten altid blandes ved håndkraft, og tanken om at lave vand-uigennemtrængelige kældermure af cementforstærket jord findes ikke omtalt i litteraturen.

### Kældermure af geobeton.

Den største hindring, for at det stampe huse skal vinde almindelig udbredelse i et samfund som vort, ligger i folks konservatisme: Tiltrods for husenes fordele foretrækker man det murede hus, thi det kender man, og det kan man lide. Det ligger derfor nær at anvende geobeton til kældermure for almindelige, murede huse,



Fig. 4.

idet man derved kan drage fordel af disse mures billighed og alligevel kan få det murede hus.

På grundlag af de foretagne undersøgelser var det derfor rimeligt at an søge om ministeriets tilladelse til at benytte geobetonen til kældermure i stedet for grovbeton.

Ved skrivelse af 19. maj 1949 har ministeriet forsøgsvis givet denne tilladelse. I skrivelsen opstilles en række krav, hvoraf de vigtigste er, at tykkelsen ikke må være under 35 cm, og at styrken ikke må være mindre end 35 at. Der vil kunne ydes statslån til huse med kældervægge af geobeton, og ministeriet bemyndiger de lokale hygningskommissioner til i de enkelte tilfælde at give deres tilladelse til geobetonens anvendelse.

Et vigtigt spørgsmål ved alle kældermure er tætheden. De første geotekkekældermure blev berappede mod jordsiden og strøget med kold asfalt. Senere har man forbedret murens tæthed meget væsentligt ved i den mod

jorden vendende side at anbringe et lag af en blanding af kold asfalt og moræne, idet det har vist sig, at en sådan blanding i stampet tilstand kan stå for en meters vandtryk, selv om lagets tykkelse er ringe. Metoden er patentanmeldt.

I løbet af sommeren 1949 er der blevet udført tre kældermure af geobeton, hvoraf den sidste skal omtales nærmere. Den hører til et af dobbelthusene i bebyggelsen »Frennevænget«, som Dansk Almennyttigt Boligselskab for tiden opfører i Hørsholm.

Ved arbejdets begyndelse udregnedes, hvor meget jord der ville medgå til stampningen af kældermure og gulvet, hvorefter den overskydende jordmængde udgravedes og bortkørtes. Jorden var en ret typisk moræne, hvis kornkurve ses på fig. 1. Man ser, at dens indhold af egentligt lerstof kun var ca. 7 %, hvoraf man kan slutte, at den var vel egnet til at stampe. Vægforskallingen udførtes, som om



Fig. 5.

det drejede sig om en væg støbt i grovbeton, og da jorden kunne stå af sig selv, anvendtes kun en enkelt forskalling. Pulveriseringen af jorden og iblandingen af cementen foregik ved hjælp af en jordfræser, således som det ses på fig. 2, hvorefter den således tilberedte jord-cementblanding til-sattes så meget vand, at den var egnet til stampning, d.v.s. ca. 12 % (af tørstoffernes vægt). Efter opsætning af den vandtættende membran på selve jorden og indfyldningen af geobetonen foretoges stampningen med en elektrisk stamper — se fig. 3. På fig. 4 og 5 ses dels de færdige mure og dels arbejdet med stampningen af kældergulvet.

En efterkalkulation over udgifterne ved arbejdet i Hørsholm viser, at fremstillingsprisen for kældermure af geobeton ligger ca. 20 % lavere end for de tilsvarende af grovbeton. Arbejdslønnen er større, men man sparer sand og grus, samt bortkørsel af den anvendte jord. Forskallingsarbejdet er omtrent det samme, hvad enten muren er af grovbeton eller af geobeton, men takket være anvendelsen af den vandtættende membran, er chancen for at kunne undvære den dobbelte forskalling større ved geobetonmurene.

#### Litteratur.

Der er offentliggjort artikler om geotekhusene i Beton-Teknik (Maj 1948), Bygmesteren (April 1949) og La Technique des Travaux (September — Oktober 1949). Af de ovenfor gennemgåede forsøg, udført på Danmarks tekniske Højskole, findes et resumé i hefte 30/31 1949 af »Arkitekten«, og i tilslutning til dette resumé findes angivet en litteraturfortegnelse for stampe huse. I stedet for at genoptrykke denne liste skal der her ganske kort omtales indholdet af enkelte af de vigtigste af skrifterne.

Ralph L. Patty: Rammed earth walls for farm buildings 1945. — 63 sider.

Forfatteren var en af pionererne indenfor det moderne stamperi. Han var lærer ved South Dakota State College, og pjeecen er en beretning om en række forsøg, dette universitet har ladet foretage. De var dels af laboratoriemæssig art, gående ud på at bestemme jordterningers styrke, og dels af praktisk art, idet man opførte et stort antal prøvemure og enkelte små huse (hønschuse). Af samme forfatter foreligger en anden pjeeces fra år 1940: Paints and plasters for rammed earth walls, i hvilken gennemgås en lang række forsøg med forskellige arter af puds.

Herbert L. Whittemore m. fl. Building materials and structures. Report BMS 78 1941 — 55 sider.

Denne pjeeces er en videnskabelig beretning om en række forsøg med 5 jordstampede mure, udført af The National Bureau of Standards. De 5 mure bestod af

1. Stampede jordblokke.
2. Stampede jordblokke tilsat bitumen.
3. Monolitisk stampet cementforstærket jord (geobeton).
4. Cementforstærkede jordblokke.
5. Monolitisk stampet jord.

Murene undersøgte meget nøje i styrkemæssig henseende, og et særligt kapitel drejer sig om at bestemme murenes varmeledningsevne, som findes at være den samme som for almindeligt murværk. Dette overraskende resultat har sandsynligvis sin forklaring i, at murene har haft et ret stort fugtighedsindhold, da K-værdien blev bestemt. Desværre meddeles intet om dette interessante punkt.

Francis Macdonald. Terracrete 1939. — 46 sider.

Forfatteren, som er ingeniør, går stærkt ind for brugen af cementforstærket jord i stampe huse og viser, hvorledes man kan lægge en skal af cementforstærket jord yderst i de al-

mindelige mure for at beskytte dem mod slagregn. Han regner med, at fundamentene udføres i grovbeton, og at blandingen foregår på almindelig blandemaskine eller med håndkraft. Fremgangsmåder og detaljer ved stamperiet gennemgås på en praktisk måde.

J. E. Kirrham: How to build your own home of earth, 1946. — 37 sider.

Forfatteren, som er knyttet til Oklahoma engineering experiment station, interesserer sig udelukkende for det jordstampede hus uden tilsætning af cement. Han giver mange praktiske anvisninger fra sig i sin lille pjece, som endog giver en detaljeret beskrivelse af en primitiv blandemaskine.

Anthony F. Merrill: The rammed earth house, 1947. — 230 sider.

Clough Williams-Ellis, John & Elizabeth Eastwich-Fields: Building in Cob, Pisé and Stabilized Earth, 1947. — 160 sider.

Begge disse bøger er bredt skrevne og rigt illustrerede. De omtaler begge praktisk taget alle sider ved de stapede huse. De er, som næsten al litteratur om stapede huse, skrevet for lægfolk og synes at regne det for givet, at blot man har læst den pågældende bog, vil man uden større vanskelighed kunne stampe sig et hus op af jorden.