



LUND UNIVERSITY

Laboratorieförsök med skumbetong och cementbunden fiberplatta typ träullsplatta

Johansson, Erik

1992

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Johansson, E. (1992). *Laboratorieförsök med skumbetong och cementbunden fiberplatta typ träullsplatta*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7018). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



AVDELNINGEN FÖR BYGGNADSMATERIAL
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Laboratorieförsök med skumbetong och cementbunden fiberplatta typ träullsplatta

Delrapport från samarbetet
mellan
CNERIB, Algeriet
och
Lunds Universitet, avdelningarna
Byggnadsmaterial och LCHS

Sammanställd av Erik Johansson
Avd. för Byggnadsmaterial

Lund 1992-01-27

INTERNRAPPORT TVBM-7018
LUND, SVERIGE

Laboratorieförsök med skumbetong och cementbunden fiberplatta typ träullsplatta

Innehåll

Inledning	2
Försök med skumbetong	3
Kortfattad beskrivning av skumbetong	3
Målsättning med försöken	3
Tillverkning av provkroppar	4
Värmeisoleringsförmåga	5
Tryckhållfasthet	7
Böjdraghållfasthet	10
Sättning	12
Krympning	12
Karbonatisering	14
Slutsatser	15
Referenser	16
Försök med cementbunden fiberplatta typ träullsplatta	17
Kortfattad beskrivning av träullsplatta	17
Inventering	17
Tester med alfagräs	17
Tester med eukalyptus	18
Slutsatser	21
Referenser	21

Inledning

Projektet *Värmeisoleringsmaterial för Algeriet* mellan CNERIB, Algeriet, och Lunds Universitet (LU), Sverige, påbörjades den 1:e maj 1991. Från projektets start fram till 30/11 -91 har följande gjorts:

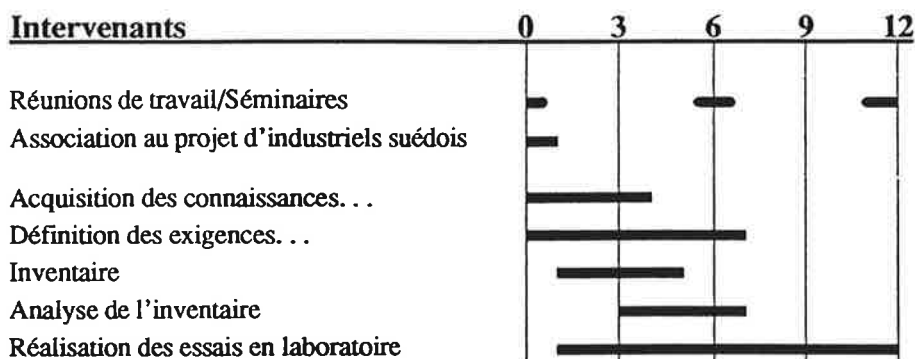
- Litteraturstudium. (Ett 40-tal artiklar, rapporter, böcker m m om skumbetong samt ett tiotal om träullsplatta/fiberplatta har studerats.)
- Inventering av lämpliga algeriska råvaror för tillverkning av isoleringsmaterial - främst skumbetong och cementbunden fiberplatta.
- Analys av inventeringen i samråd med de för projektet anlitade konsulterna - T-produkterna AB och Isoleringsbetong AB.
- Laboratorieförsök i liten skala med skumbetong och cementbunden fiberplatta typ träullsplatta.

Under perioden har två arbetsmöten hållits:

- 1-9 juni 1991 på CNERIB (reserapport bifogas)
- 23 augusti - 13 september 1991 vid LU resp T-produkterna AB (reserapport bifogas)

Denna rapport behandlar de laboratorieförsök som gjorts med *skumbetong* och cementbunden fiberplatta typ *träullsplatta*.

Nedan visas tidplanen för år 1.



Försök med skumbetong

Kortfattad beskrivning av skumbetong

Försöken med skumbetong gjordes parallellt med en omfattande litteraturstudie, vilket har gett en god översikt över produktens egenskaper och tillverkningssätt.

Skumbetong, en form av lättbetong, består av cementpasta som "blåsts upp" med luft. Luftinblandningen sker med hjälp av ett skum. Skumbetong kan tillverkas på två sätt:

- 1) En s k *skumbildare* vispas med vatten i en blandare så att ett skum erhålls varpå man tillsätter cement.
- 2) Skummet tillverkas separat i en *skumgenerator* eller *skumpistol* där skumbildaren blandas med vatten under tryck. Skummet tillsätts sedan en slurry av cement och vatten i en blandare.

Metod 2) är mest komplicerad men vanligast förekommande då den möjliggör större tillverkningsvolym per timme (betydelsfullt vid användning i t ex vägar). Vid tillverkning enligt 1) används högre vattencementtal (vct), vilket medför större krympning.

Skumbetong kan tillverkas i densiteter från 200 kg/m³ upp till 1800 kg/m³. Vid densiteter på 500-600 och däröver tillsätts sand.

Skumbetongs egenskaper beror till stor del på vilken utrustning för tillverkningen som används samt, inte minst, på typ av skumbildare. På marknaden florerar en mängd skumgeneratorer, blandare och skumbildare. Olika skumbetonger skiljer sig också åt vad gäller de tekniska egenskaperna. Det är därför svårt att ge entydiga värden på hållfasthet, krympning m m utan man får nöja sig med intervall eller medelvärden. Ett problem hos många fabrikat är svårigheten att med tillräcklig noggrannhet uppnå önskad densitet.

Skumbildarna är antingen syntetiska eller proteinbaserade. I regel ger syntetiska skumbildare lägre hållfasthet.

Jämfört med autoklaverad lättbetong (Siporex m fl) har skumbetong, vid samma densitet, lägre hållfasthet (se fig 2) och större krympning. Tillverkningen är dock mycket enklare och investeringskostnaden betydligt mindre. Används skumbetong på rätt sätt spelar dess "dåliga" egenskaper vad gäller hållfasthet och krympning mindre roll.

Målsättning med försöken

Då skumbetongs egenskaper är kända för svenska förhållanden, var målet att undersöka eventuella faktorer som skulle kunna påverka produktens egenskaper vid användning i Algeriet. Det som skiljer från svenska förhållanden är främst cementet och klimatet.

Försöken inriktades därför mot att testa hur cement med olika kornfördelning respektive alkalihalt skulle påverka de testade skumbetongernas tekniska egenskaper. Vid LU testades fyra svenska cementsorter:

- 1) Standardcement, Slite (rel. grovmalet/normal alkalihalt)
- 2) Snabbhärdande cement (SH), Skövde (finmalet/normal alkalihalt)
- 3) Anläggningscement, Degerhamn (grovmalet/låg alkalihalt)
- 4) Injekteringscement, Degerhamn (extremt finmalet/låg alkalihalt)

På CNERIB testades ett algeriskt cement. De algeriska cementen är grovmalda typ det svenska anläggningscementet - om än med annan kemisk sammansättning. Alkalihalten är troligen normal. Det algeriska cementet har genom sin grovmalenhet en långsam hållfasthetsutveckling, vilket normalt är fördel i varma klimat.

Vidare gjordes tester för att se hur hög temperatur vid tillverkningen kunde påverka egenskaperna.

De *egenskaper* som ansågs viktigast att undersöka med hänsyn till skumbetongs tänkta användning som takisolering var:

- Värmeisoleringsförmåga,
- Hållfasthetsegenskaper (tryckhållfasthet och böjdraghållfasthet),
- Dimensionsförändringar (Krympning och sättning),
- Förmåga att skydda eventuell armering (karbonatiseringshastigheten),
- Avgivande av emissioner.

Tillverkning av provkroppar

Provkropparna tillverkades dels vid avd. Byggnadsmaterial, LU, dels vid CNERIB.

Undersökningarna har nästan uteslutande gjorts med en skumbetong av märket *Betocel*, vilken tillverkas med skumbildare och blandare från Isoleringsbetong AB i Bromma. Betocel tillverkas enligt metod 1) ovan och skumbildaren är proteinbaserad. Blandaren, som är mobil, har en kapacitet på 2 m³ per timme, vilket är relativt lågt (kapaciteten för de blandare som finns på marknaden varierar mellan 1 och 100 m³ per timme).

För att spara material tillverkades emellertid de flesta provkropparna med en betydligt mindre blandare av märket Hobart försedd med visp. Detta gick utmärkt och tillverkningen motsvarade helt den med Isoleringsbetongs blandare. På CNERIB tillverkades samtliga provkroppar med en liknande blandare.

Några få tester gjordes med en skumbildare från Süddeutsche Kalkstickstoff-Werke (SKW) i Trostberg. Denna skumbildare, betecknad Schäumer 2, är syntetisk och avsedd att användas enligt metod 2) ovan. Då metod 1) är enklare gjordes ett försök att tillverka provkroppar med SKW:s skumbildare enligt denna metod. Detta slog inte väl ut då det visade sig vara mycket svårt att nå önskad densitet. Några få provkroppar tillverkades

dock.

Provkropparna av Betocel tillverkades för densiteterna 300 och 500 kg/m³ enligt recept i tabell 1. Tillverkningen var mycket tillförlitlig när det gällde att erhålla rätt densitet, trots att testerna gjordes för låga densiteter. Färskdensiteten vid blandning uppgavs ligga ca 100 kg/m³ över "torrdensiteten", d v s densiteten efter uttorkning.

nominell densitet (kg/m ³)	färskdensitet (kg/m ³)	vatten (kg/m ³)	cement (kg/m ³)	vct	mängd skumbildare (kg/m ³)
300	400	172	226	0,76	1,6-2,2 ¹
500	600	224	373	0,60	2,2-3,3 ¹

1) Mängden beror på cementsort.

Tab 1. Recept på Betocel, nominell densitet 300 och 500 kg/m³.

Provkropparna med SKW:s skumbildare tillverkades enligt samma recept som för Betocel densitet 500 i tabell 1. Mängden skumbildare var 2,4 kg/m³.

Vid tillverkningen accepterades en färskdensitet som avvek med ± 20 kg/m³ från den önskade.

Den mängd skumbildare som erfordrades för att uppnå önskad densitet, vid ett givet vct, varierade något med cementsorten. För finmalda cement (SH och injektering) behövdes 10-25% mer skumbildare än för standardcement, för anläggningscement (grovmalet) behövdes ca 15% mindre.

Även temperaturen liksom vattnets hårdhetsgrad påverkar mängden erforderlig skumbildare. När temperaturen på cementet, vattnet och skumbildaren höjdes till 50 °C vid blandningen ökade åtgången av skumbildare med 20-50%. Hårt vatten kräver mer skumbildare än mjukt. Lunds vatten gör att åtgången ökar med ca 20 % jämfört med Stockholms. I Algeriet är vattnet hårt, ungefär som i Skåne.

Värmeisoleringsförmåga

Oavsett material finns ett klart samband mellan värmeledningstalet, som är ett mått på värmeisoleringsförmågan, och densiteten. Olika skumbetonger bör därför ha i stort sett samma värmeledningstal vid lika densitet. Värmeledningstalet beror också på fukthalten i materialet; i torra klimat blir värmeledningstalet lägre och därmed värmeisoleringsförmågan bättre.

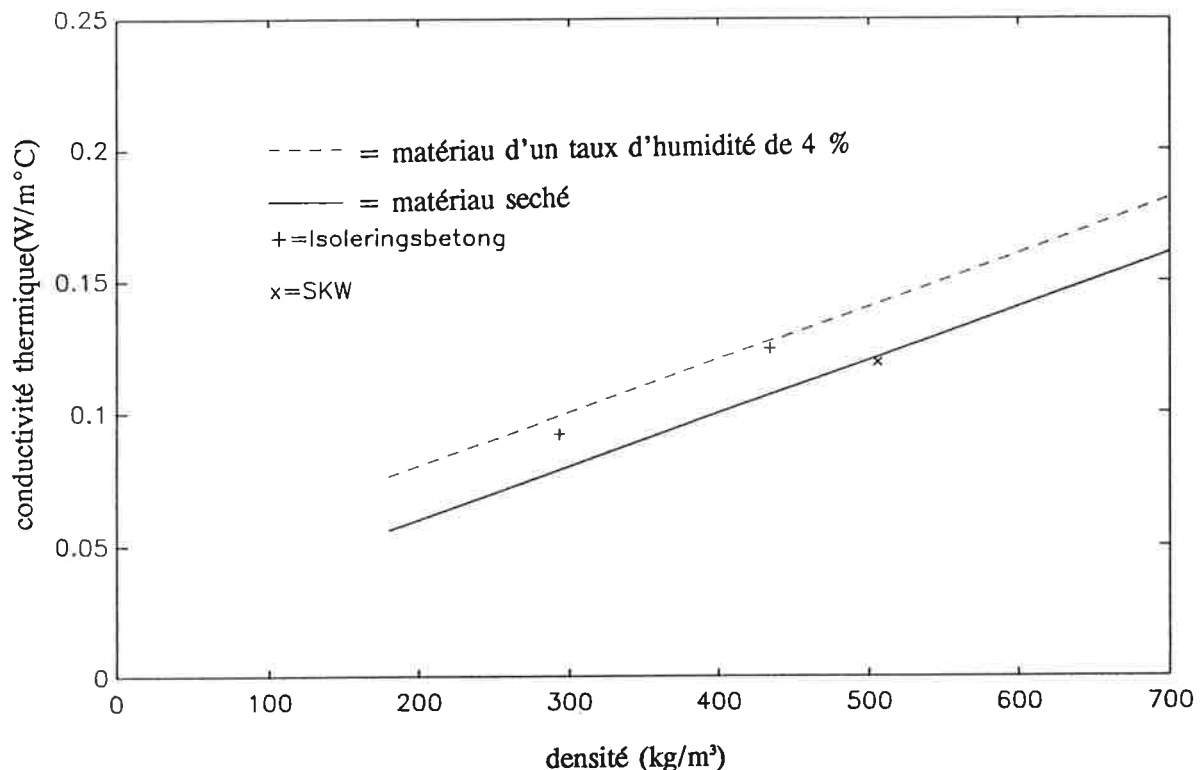


Fig 1. Värmeledningstalet som funktion av densiteten för skumbetong tillverkad i Algeriet (ej torkade provkroppar). Övre kurvan visar praktiskt tillämpbart värde i Sverige, nedre kurvan anger värdena för torrt material [1].

Värmeledningstalet för skumbetong med Isoleringsbetongs skumbildare (två provkroppar) samt SKW:s skumbildare (en provkropp) mättes på CNERIB. Provkropparnas dimensioner var 270 mm x 270 mm x 50 mm och de hade luftlagrats i ca fyra månader. Mätningen skedde i en apparat av märket Deltalab, i vilken provkroppens under- och ovansida utsattes för olika temperatur. Genom att mäta värmeflödet genom provkroppen kunde värmeledningstalet bestämmas, se fig 1. De jämförs med en genomsnittskurva för skumbetong enligt [1] vad gäller torrt material samt i Sverige praktiskt tillämpbara värden (material med 4% fuktkvot).

Då Algeriet är torrare än Sverige bör mätvärdena ligga någonstans mellan de båda kurvorna (provkropparna har ej torkats). Om provkropparna testats efter en längre tids lagring (större grad av uttorkning) hade värdena troligen hamnat närmare den undre kurvan.

Tryckhållfasthet

Tryckhållfastheten varierar relativt kraftigt mellan olika skumbetonger. En genomsnittskurva för skumbetongs tryckhållfasthet som funktion av densiteten presenteras i [2]. Denna kurva samt tryckhållfastheten för autoklaverad lättbetong enligt [3] är inlagda i fig 2. Figuren visar också hållfastheten för Isoleringsbetongs skumbetong, Betocel, enligt tillverkaren [4].

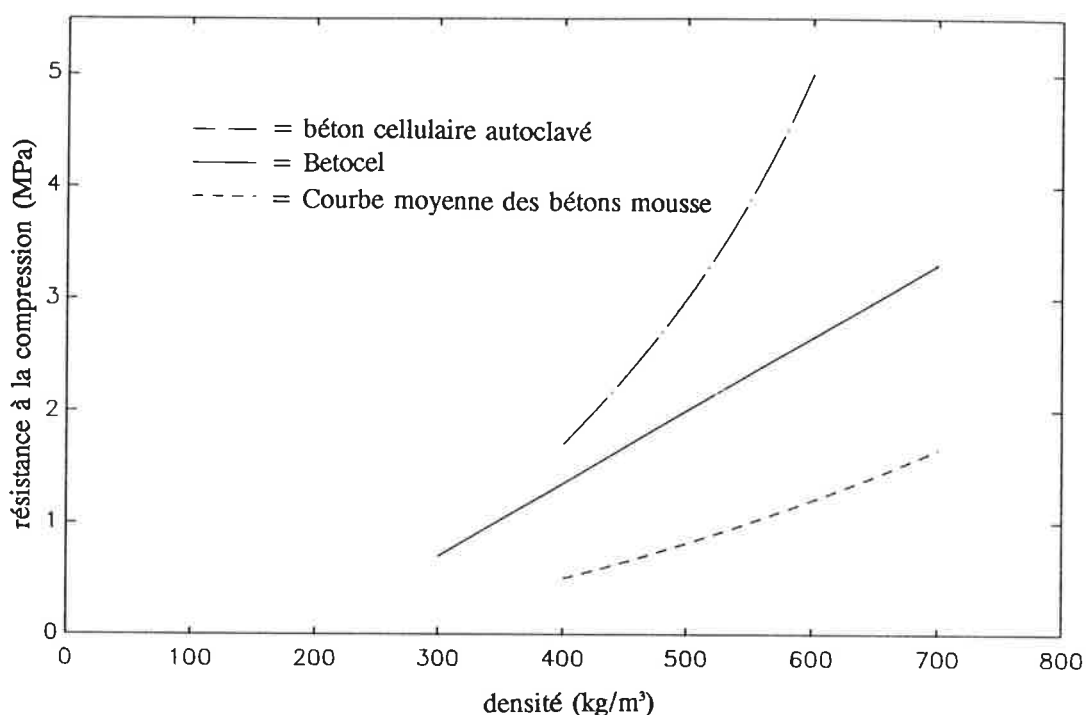


Fig 2. Tryckhållfastheten för Betocel enligt [4] jämförd med autoklaverad lättbetong enligt [3] och en genomsnittlig kurva för skumbetong enligt [2].

Betocels tryckhållfasthet, efter 28 dygns härdning, testades för de fyra ovan nämnda svenska cementsorterna vid två densiteter: 300 och 500 kg/m³. Testerna utfördes på kuber med 100 mm kantlängd utom vid ett tillfälle då Isoleringsbetongs blandare användes och kuberna hade 150 mm kantlängd.

I Lund lagrades provkropparna första dygnet i formarna under plast varefter de vattenlagrades i fyra dygn för att slutligen luftlagras i ca 20 °C och 35-50 % relativ fuktighet (RH) fram till provning. På CNERIB luftlagrades provkropparna i 28 dygn. Tryckningarna gjordes med en tryckpress av märket MAN inställd på en maxbelastning av 40 kN. Tryckhastigheten fram till brott reglerades manuellt till ca 30 sekunder. Resultaten visas i fig 3.

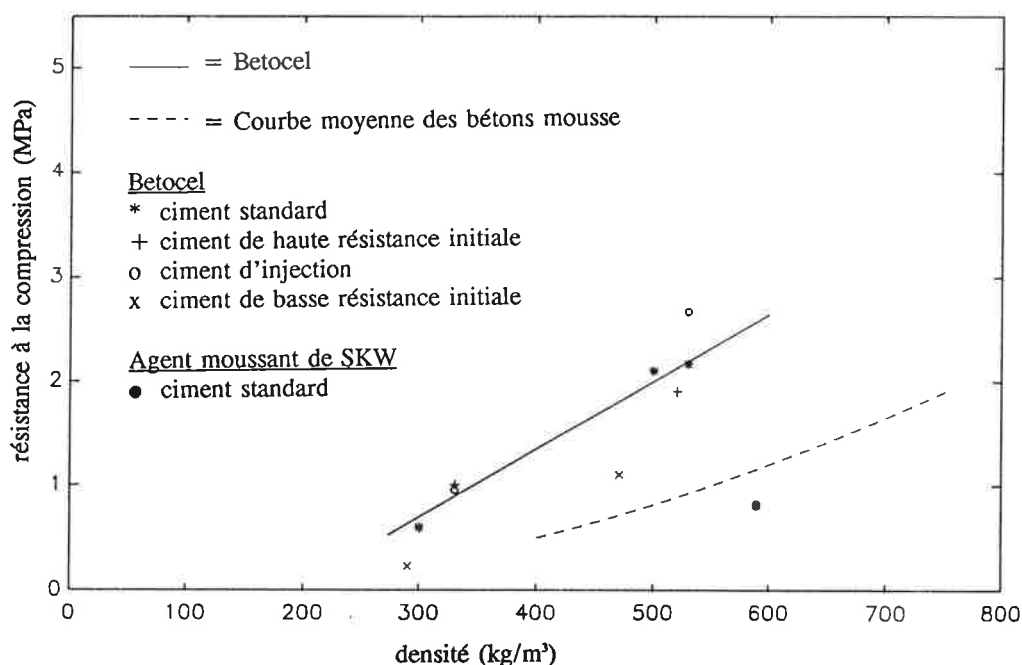


Fig 3. Tryckhållfastheten vid 28 dygn som funktion av densiteten för Betocel tillverkad med cementsorterna Slite standard, Skövde SH, Degerhamn anläggning och Degerhamn injektering samt för skumbetong tillverkad med SKW:s skumbildare och standardcement. Provkroppen med standardcement och densitet 530 kg/m³ är tillverkad med Isoleringsbetongs blandare. Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

Som framgår av fig 3 stämmer tillverkarens uppgifter om Betocel [4] väl med de resultat som uppnåtts med standardcement. Även SH-cement och injekteringscement följer kurvan med undantag för en klart högre hållfasthet för injekteringscement vid den högre densiteten.

Anläggningscement, däremot, har klart lägre hållfasthet än de övriga sorterna. Detta är något förvånande då anläggningscement, vid användning i vanlig betong, ger en högre hållfasthet vid 28 dygn än standardcement (anläggningscements hållfasthetsutveckling de första tio dagarna är dock långsammare). Några mätningar av hållfastheten vid 56 och 91 dygn har ej gjorts.

Alla mätvärden för Betocel ligger över genomsnittskurvan enligt [2], medan skumbetongen tillverkad med SKW:s skumbildare ligger under denna kurva. Med normal tillverkningsteknik ligger tryckhållfastheten för SKW skumbetong ca 50 % högre [5].

Tryckhållfastheten för skumbetong tillverkad med ett algeriskt cement visas i fig 4. Hållfastheten ligger lägre än tillverkarens uppgifter för svenskt standardcement. Detta kan ha flera orsaker. De algeriska provkropparna vattenlagrades ej de första dygna efter gjutning vilket ger sämre hydratisering. Vidare kan det bero på att hållfastheten vid 28 dygn ej är fullt utvecklad eftersom algeriska cement är relativt långsamhärdande.

Slutligen kan det helt enkelt vara så att ett grovmalet cement inverkar negativt på tryckhållfastheten (jämför resultaten med anläggningscement). Värdena, vilka ligger utefter en linje där de sammanfaller med motsvarande för anläggningscement, ligger hursomhelst över genomsnittskurvan enligt [2]. Inga tester beträffande algeriskt cements hållfasthet vid 56 och 91 dygn har gjorts.

Tryckhållfastheten för provkroppar med standardcement där de ingående beståndsdelarna värmts till 50 °C var lägre vid densitet 500 kg/m³ men högre vid densitet 300 kg/m³ än motsvarande med normal temperatur, se fig 4.

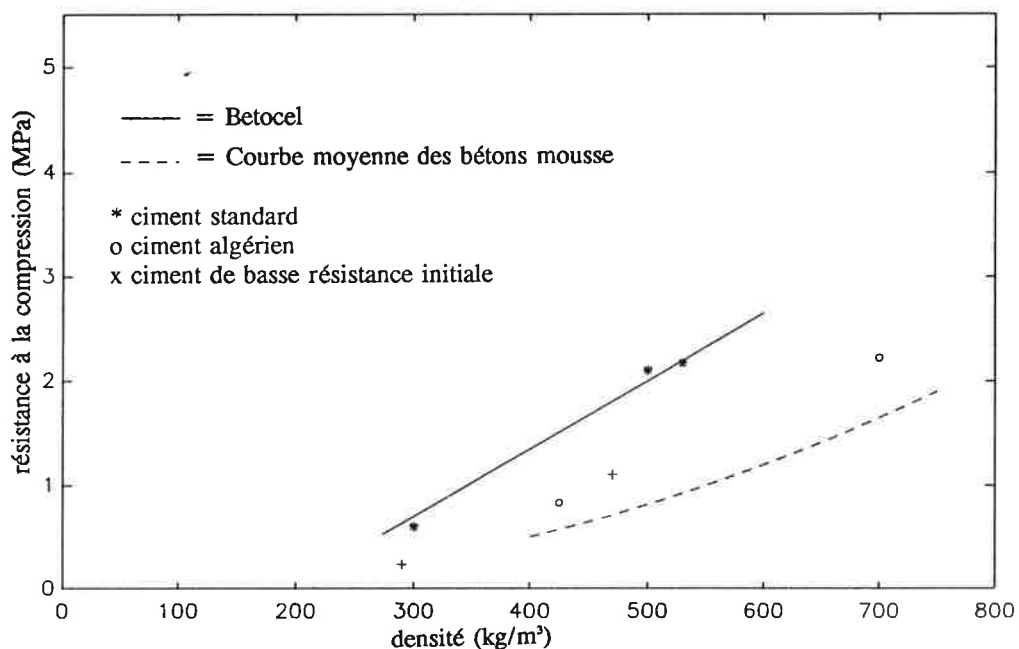


Fig 4. Tryckhållfasthet för Betocel tillverkad med algeriskt cement samt med värmda beståndsdelar (50 °C). Jämförelse har gjorts med förväntad hållfasthet vid svenska förhållanden (standardcement) [4] samt resultat från försök med anläggningscement. Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

Tryckhållfastheten för skumbetong och andra porösa material beror sannolikt på luftporernas storlek och rundhet, se t ex [6]. Små, sfäriska porer lär vara det idealiska för hög hållfasthet. En provkropp tillverkad med skumbildare från Isoleringsbetong och en med skumbildare från SKW har tunnslipats och analyserats i bildanalysator, se fig 5. Provkropparna hade samma vct och nästan samma densitet och därmed ungefär samma porositet. Bilderna visar att Isoleringsbetongs skumbetong har mindre och mer sfäriska porer än skumbetongen tillverkad med SKW:s skumbildare. (För den senare har dock, som sagt, "fel" tillverkningsteknik använts.) Denna skillnad mellan de bågiga skumbetongernas porstruktur kan förklara den avsevärda skillnaden i hållfasthet (fig 3).

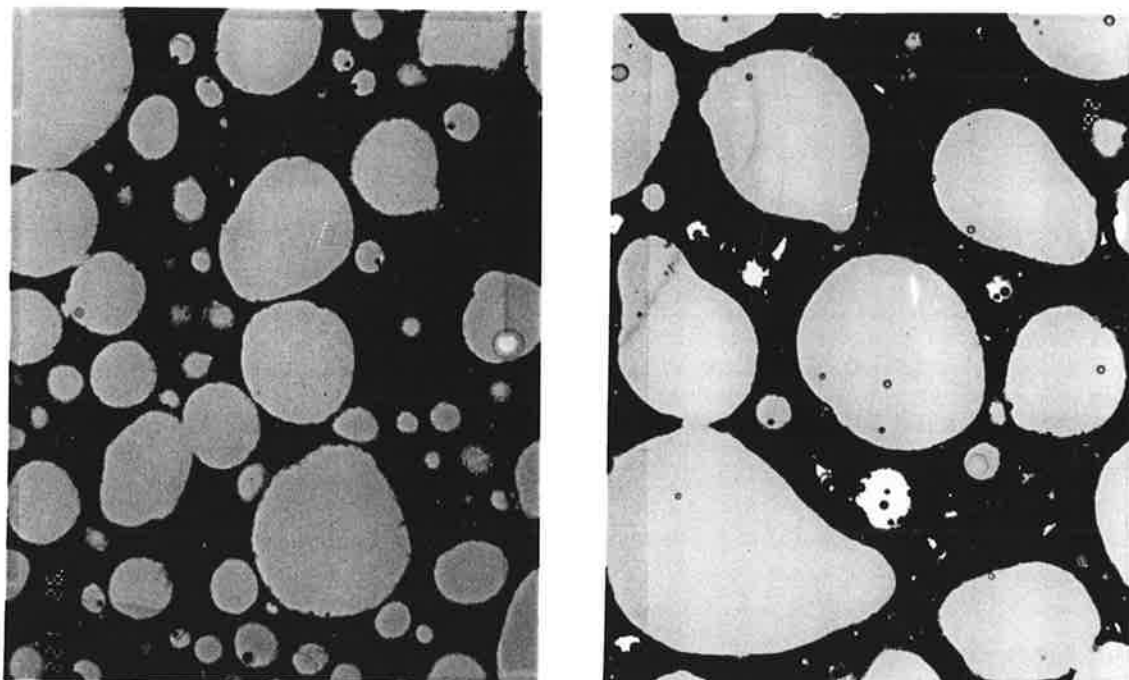


Fig 5. Porstrukturen för två skumbetonger med densitet ca 500 kg/m³ och $v_{ct}=0,60$. Till vänster med Isoleringsbetongs skumbildare till höger med SKW:s. (Förstoring: 20 ggr.)

Böjdraghållfasthet

Böjdraghållfastheten har mätts för Betocel vid 300 och 500 kg/m³ för de fyra ovan nämnda svenska cementsorterna samt för ett algeriskt cement, se fig 6. Provkropparna hade dimensionerna 40 x 40 x 160 mm, förutom vid en mätning med standardcement då balkar med dimensionerna 100 x 150 x 800 mm användes. Provkropparna tillverkades och lagrades på samma sätt som kuberna för tryckhållfasthet. Värdena följer samma mönster som för tryckhållfastheten och ligger högt i jämförelse med andra fabrikat [2,7,8] och t o m något högre än för autoklaverad lättbetong, se fig 6.

Böjdraghållfastheten testades också för provkroppar där de ingående materialen värmts till 50 °C samt på CNERIB med algeriskt cement. Värdena från dessa mätningar tillsammans med värden från standardcement normaltemperatur och anläggningscement visas i fig 7. Värdena från testerna med algeriskt cement ligger klart under övriga värden. Förklaringarna till detta kan vara många - se *Tryckhållfasthet* ovan.

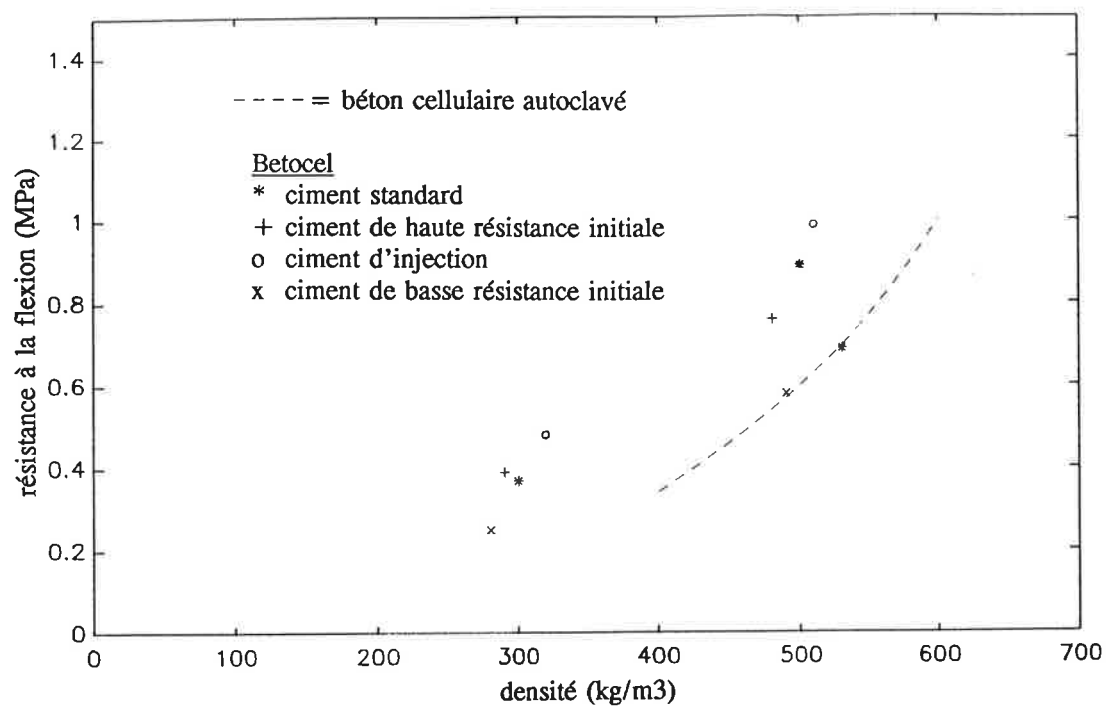


Fig 6. Böjdraghållfasthet uppmätt på skumbetong Betocel med fyra olika cementsorter. Värdena jämförs med en kurva för autoklaverad lättbetong [3]. Det avvikande värdet för standardcement kommer från tester med balkar 100 x 150 x 800 mm. Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

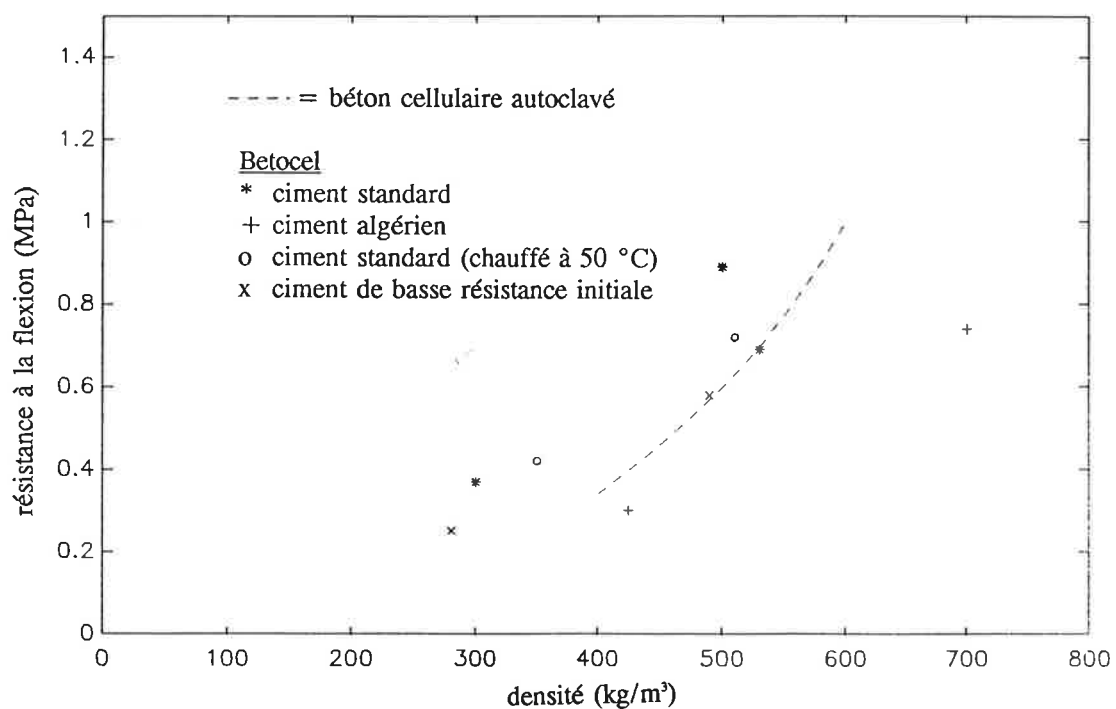


Fig 7. Böjdraghållfasthet uppmätt på skumbetong Betocel där beståndsdelarna värmts till 50 °C samt för algeriskt cement. Värdena jämförs med standardcement normal temperatur och anläggningscement. Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

Sättning

Sättning, d v s volymminskning, noterades endast för provkroppar med anläggningscement. Sättningen beror troligen på den långsammare härdningen i början med detta cement. Enligt Isoleringsbetong behåller skummet sin cellstruktur i ca sex timmar. Sättning fås alltså om cementet ej hunnit binda inom denna tid. Risk för sättning finns också om temperaturen är låg och om gammalt cement används. Vid vintergjutning, då den låga temperaturen fördröjer härdningen, rekommenderar Isoleringsbetong SH-cement.

För det test där de ingående materialens temperatur höjdes till 50 °C uppstod också sättning - trots att värme påskyndar reaktionen mellan cement och vatten. Sättningen beror på att värmen gör att skummet snabbare förlorar sin cellstruktur.

En intressant iakttagelse gjordes då en 240 mm hög platta gjöts. Man fick då istället *svällning*, vilket berodde på att luftvolymen i cellerna ökade p g a den kraftiga värmeutvecklingen under härdningen.

Krympning

Krympning mättes på provkroppar med dimensionerna 75 mm x 75 mm x 250 mm med ingjutna, planslipade skruvar i ändarna. Längdändringen mellan skruvarna mättes med en mätblocka. Provkroppar av Betocel tillverkades för densitet 500 kg/m³ med standardcement, SH-cement och anläggningscement och för densitet 300 med standardcement och SH-cement.

Provkropparna låg kvar i sina formar i två dygn täckta med plast varefter de vattenlagrares i fem dygn. Därefter luftlagrares de i rumsklimat (ca 20 °C, 35-50 % RH). Krympningen började mätas direkt efter avslutad vattenlagring.

Krympningens storlek blir större för skumbetong än för vanlig betong eftersom ingen ballast finns. Krympning ger upphov till sprickbildning, vilket ibland är nackdel. Krympningen kan emellertid minskas avsevärt genom härdning i fuktig miljö de första veckorna efter gjutning. Ett annat sätt att minska krympningen i skumbetong är att tillsätta lättballast [9].

Normalt ökar krympningen för skumbetong med minskad densitet [2,10,11,12], vilket stämmer väl överens med vanlig betong där hög vatten- och lufthalt ger större krympning. I övrigt kan sägas att slutkrympningen för skumbetong uppnås snabbt samt att variationerna mellan olika fabrikat är stor [13].

Resultaten från försöken visas i fig 8 och 9.

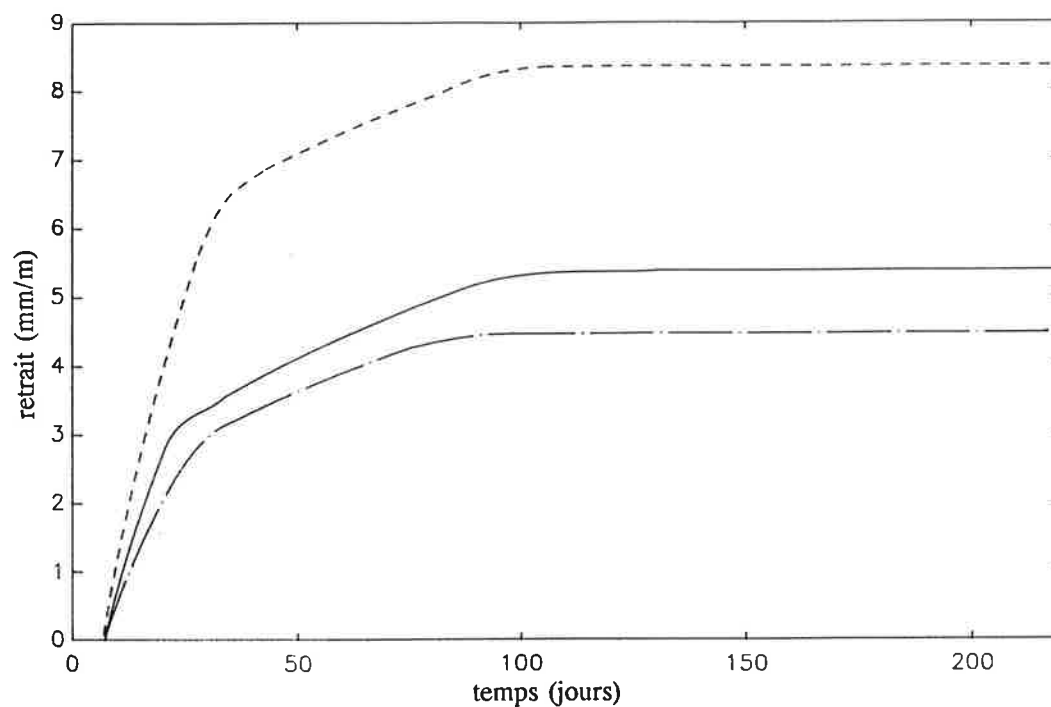


Fig 8. Krypning för skumbetong Betocel, densitet ca 500 kg/m³, tillverkad med standardcement (heldragen linje), SH-cement (streckad linje) och anläggningscement (punktstreckad linje). Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

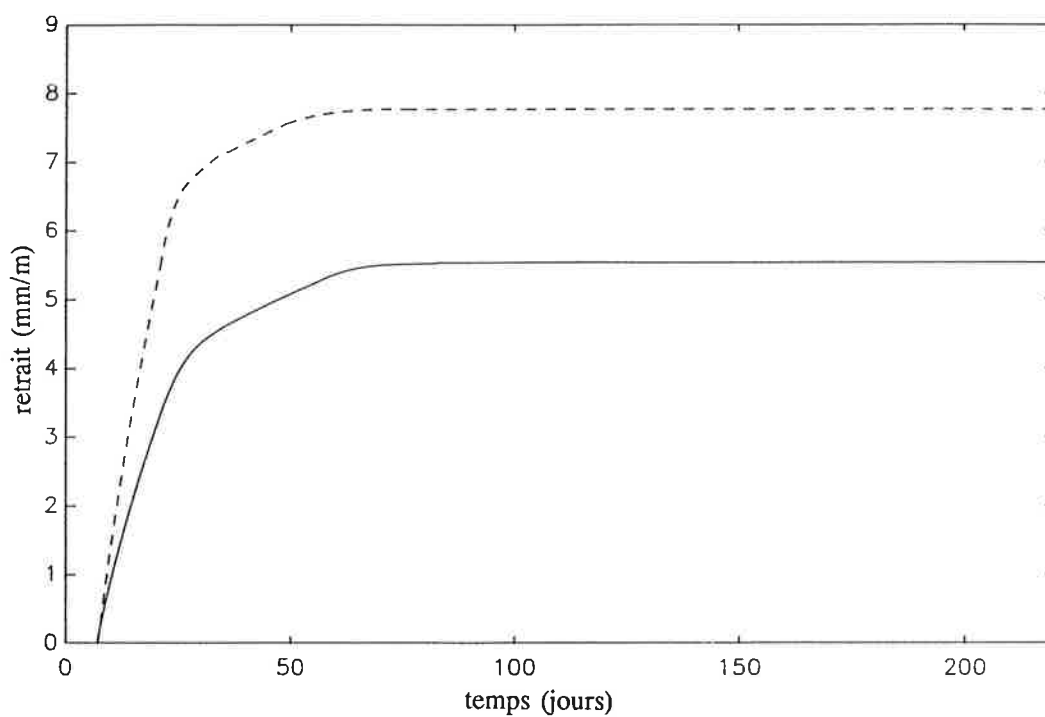


Fig 9. Krypning för skumbetong Betocel, densitet ca 300 kg/m³, tillverkad med standardcement (heldragen linje) och SH-cement (streckad linje). Mätvärdena utgör medelvärden från tre provkroppar.

Krympningen för Betocel är som synes stor och varierar kraftigt med cementsort. Det finmalda SH-cementet ger betydligt större krympning än standardcement och nästan dubbelt så stor krympning som anläggningscement. Det är anmärkningsvärt att densiteten här inte tycks påverka krympningen, varken för standard- eller SH-cementet. För SH-cementet blir krympningen till och med lägre vid lägre densitet!

Enligt [2] är "normal" krympning vid densitet 500 kg/m³ ca 4 mm/m. Andra undersökningar med märket Aercrete [8] visar på en krympning på 6 mm/m efter 60 dygn för densiteter runt 400-500 kg/m³ med SH-cement. Krympningen för Betocel ligger således högt bland skumbetonger.

Tydligen ger finmalda cement, typ SH-cementet, betydligt större krympning. En förklaring kan vara att SH-cementets högre hydratationsgrad. I skumbetong med standardcement och anläggningscement kan finnas ohydratiserade cementkorn som fungerar som ballast, d v s de bromsar krympningen.

Karbonatisering

Med en färgindikatorvätska (fenolftalein plus etanol) mättes karbonatiseringsdjupet på en tre månader gammal provkropp av Betocel (densitet 500 kg/m³). Karbonatiseringsdjupet var då ca 1 mm, vilket pekar mot en årlig karbonatisering på 4-5 mm. Detta är ett relativt lågt värde vilket torde bero på den torra miljö som provkroppen förvarats i (30-40 % RH). Vid högre RH är karbonatiseringshastigheten troligtvis betydligt snabbare - jämför t ex [7]. Man kan således inte räkna med att skumbetong skyddar armering mot korrosion.

Emissionstest

Då Betocel tillverkas med en proteinbaserad skumbildare finns en viss risk att materialet avger ämnen som skulle kunna framkalla olägenheter. På Statens Provningsanstalt i Borås har ett prov av Betocel undersökts vad gäller avgivande av hälsofarliga ämnen. Man har gjort s k gaskromatografi och masspektrometri. Analysen av dessa mätningar var dock ej färdigt när detta skrevs.

Slutsatser

Allmänt

De praktiska erfarenheterna från Isoleringsbetongs skumbetong, Betocel, är mycket positiva. Skumbetongen är lätt att tillverka och man erhåller utan problem önskade densiteter. Tillverkningen är ej beroende av något speciellt cement. Tillverkning med SKW:s skumbildare visade sig vara betydligt svårare, men detta kan ha berott på tillverkningsmetoden. *Nedanstående kommentarer gäller endast Betocel.*

Mängden erforderlig skumbildare ökar med ökad finmaldhet hos cementet. Hög temperatur hos de ingående komponenterna medför också att mängden skumbildare måste ökas.

Värmeisoleringsförmågan visades sig vara som väntat, d v s sämre än det teoretiska värdet men bättre än vid svenska förhållanden. Antalet mätningar är dock för litet för att bilda sig en säker uppfattning.

Vad gäller tryck- och böjdraghållfasthet ligger dessa över genomsnittet för skumbetong oavsett cementsort. Hållfastheten blir dock lägre för grovmalda cementsorter.

Ingen tendens till sättning kunde observeras för normal- och finmalda cement, medan en viss sättning observerades vid användning av grovmalt cement.

Betocel har stor krympning, även jämfört med andra skumbetonger. Extremt stor är krympningen vid användning av SH-cement (finmalt). Med standardcement fås mer "normal" krympning medan anläggningscement (grovmalt) ger lägst krympning. Detta tyder på att grovmalenheten här är en fördel.

Krympning kan vara ett problem om skumbetong används som block. Vid användning som värmeisolering av platta tak är dock krympning inget allvarligt problem, så länge man ej får genomgående sprickor [10].

Karbonatiseringshastigheten är såpass snabb vid låga densiteter att armering - såvida den inte är korrosionsskyddad - bör undvikas i fuktiga miljöer.

Tillverkning av Betocel i Algeriet

Försök på CNERIB i liten skala visar att man utan problem kan tillverka Betocel i Algeriet. Det algeriska cementet gör att egenskaperna blir något annorlunda än i Sverige, men knappast till det sämre. En förutsättning för tillverkningen är naturligtvis tillgång till skumbildaren. Enligt Isoleringsbetong är det fullt möjligt att tillverka deras skumbildare i Algeriet med inhemska råvaror.

Värmeisoleringsförmågan hos produkten blir med all säkerhet bättre i Algeriet än i Sverige p g a det torrare klimatet.

Hållfastheten blir däremot troligen något lägre. Detta har mindre större betydelse då den hållfasthet som uppmätts är fullt tillräcklig vid användning som takisolering.

Krympning vid användande av algeriskt cement är ej testat, men då algeriska cement är grovmalda lär denna bli mindre än i Sverige. Detta är en fördel, framförallt vid tillverkning av block.

Referenser

1. *Kommentarer till Svensk Byggnorm*, Statens Planverk, 1985.
2. Alexandersson, J och Skarendahl, Å: "Skumbetong - ett material i renässans?", *Byggnadskonst*, nr 1-2 1981.
3. *Handboken BYGG*, LiberFörlag, Stockholm, 1984.
4. Forssberg, Owe: "Platsgjuten lättbetong", *Byggnadskonst*, nr 1 1966.
5. *SKW Foamed Concrete*, Test Report 1/83, SKW, Trostberg, Tyskland.
6. Fagerlund, G: *Samband mellan porositet och materials mekaniska egenskaper*, Inst. för Byggnadsteknik, LTH, 1972.
7. Malmberg, B och Samuelsson, P: "Skumbetong - ett material med möjligheter", *Cementa*, nr 1, 1984.
8. Wester, A: *Skumbetong. Tillverkning och tekniska egenskaper*, Rapport TVBM-5011, LTH, 1987.
9. Weigler, H och Karl, S: "Structural lightweight concrete with reduced density - lightweight aggregate foamed concrete properties of the hardened concrete", *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, Heft 3, 1980.
10. American Concrete Institute: "Guide for Cast-in-Place Low-Density Concrete", *ACI Journal*, September-October 1986.
11. Nischer, P: "Schaumbeton", *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, heft 10, 1983.
12. Walker, B och Clark, A: "Introducing foamed Concrete", *Concrete Quarterly*, no 159, 1988
13. Cormon, P: "Améliorations des bétons mousse", *Le Bâtiment Bâti*, novembre, 1982.

Försök med cementbunden fiberplatta typ träullsplatta

Kortfattad beskrivning av träullsplatta

Träullsplattan är i dag spridd över stora delar av världen. Tillverkningen är enkel och välkänd: träull, cement och vatten blandas och pressas till en platta. Viktsmängden cement är ca den dubbla av träullens. Träullen kan hyvlas av en mängd träslag. Villkoret är att sockerhalten ej är för hög - vilket skulle försvåra härdningen - samt att ullen har rätt "spänst" för att luftporer ska bildas.

Träullsplattan tillverkas normalt i fabriker. Dessa kan ha olika hög mekaniserings- och automatiseringsgrad. I i-länderna är fabrikationen näst intill helautomatisk medan man i u-länderna - liksom förr i i-länderna - använder mer "arbetsintensiva" fabriker. Ett flertal fabriker har på senare år startats upp i u-länder [1,2,3].

Den viktigaste utrustningen för fabrikationen är en hyvel för tillverkning av träull. En ny hyvel kostar idag ca 450 000 kr. Vidare är en bra blandare en förutsättning för att komma ner i densitet, vilket i sin tur är nödvändigt för att få bra värmeisoleringsförmåga. Pris för blandaren ca 300 000 kr. Med en hyvel och en blandare plus en del tillbehör är det fullt möjligt att starta en fabrikation av plattor.

Inventering

Under projektets inledningsfas gjorde CNERIB en inventering över tänkbara växtfibrer för tillverkning av en fiberplatta. Man sökte här efter såväl gräs som olika trädslag.

Tester med alfagräs

I tidigare projekt mellan CNERIB och LU har försök gjorts med att tillverka en cementbunden fiberplatta med det i Algeriet vanligt förekommande *alfagräset*. För tillverkning av en sådan platta skulle man inte behöva någon hyvel. Försöken med "alfaplattan" har fortsatt inom detta projekt där T-produkterna AB - med 50 års erfarenhet från tillverkning av träullsplattor - har anlitats för testerna.

Arealen alfagräs i Algeriet är ca 2,6 miljoner ha. 1 ha ger ca 0,5 ton alfagräs. Normal skörd av alfagräs i landet är 200 000 ton/år (för hantverk, pappersmassa m m). Gräset växer dock ganska otillgängligt och är svårt att skörda rationellt. Eventuellt skulle det kunna odlas på mer lättillgänglig plats.

Försöksresultaten från tillverkning av "alfaplattan" är ännu så länge negativa. Det är svårt att få vidhäftning mellan gräset och cementpastan. Olika behandlingar av gräset - såväl kemiska som mekaniska - har prövats för att förbättra vidhäftningen, men resultatet är ännu ej tillfredsställande.

Tester med eukalyptus

Genom T-produkternas försorg hade CNERIB vid inventeringen tillgång till en lista på trädslag vars lämplighet för träullsplattetillverkning hade testats. Man fann att det i Algeriet fanns ett antal för träullsplattan lämpliga trädslag och beståndet av dessa har nu kartlagts.

Bl a visade det sig att man i Algeriet under 70-talet planterat tre eukalyptusskogar avsedda för pappersmassetillverkning. Skogarna finns i El Kaala (20 000 ha), Tizi-Ouzou (10 000 ha) och Mostaganen (8 000 ha), se fig 10.

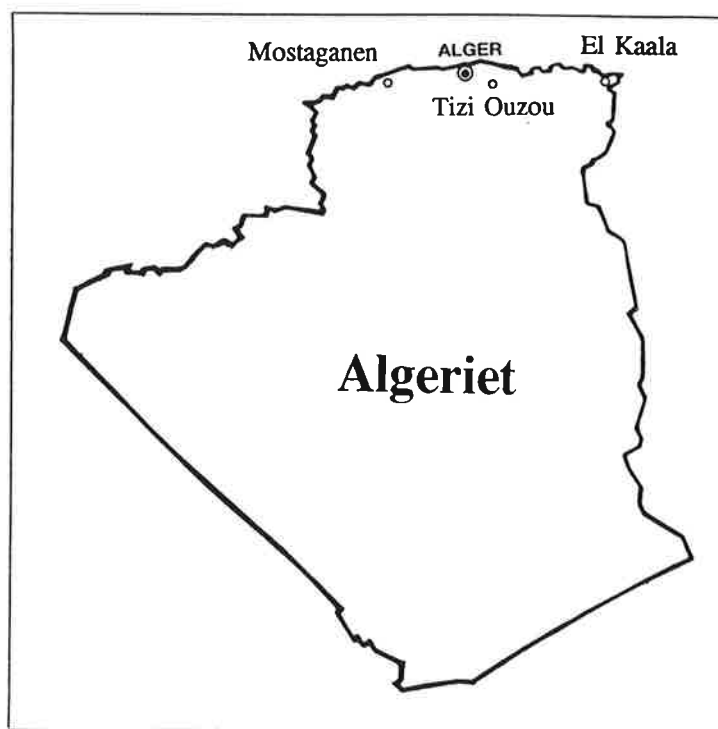


Fig 10. Tre platser i Algeriet där eukalyptusskogar planterats. Skogarna var ägnade åt pappersmassetillverkning men har aldrig använts.

I plantagerna, vilka aldrig har kommit till användning, finns två sorters eukalyptus - *eucalyptus gomphocephala* och *eucalyptus globulus*. Den förra lämpar sig mycket bra för träullsplattor, den senare är ej testad. Man fann även att det planterats en stor mängd (ca 32 000 ha) eukalyptus utefter vägar och järnvägar. Här har sorten *eucalyptus camaldulensis* använts, vilken heller inte var testad.

Ett annat tänkbart träslag är aleppotall, vilken växer vilt i medelhavsområdet. Denna är testad och anses som lämplig för träullsplattor.

Det bästa sättet att testa ett träslags lämplighet för träullsplattetillverkning är att helt enkelt tillverka provplattor. För att närmare undersöka de ovan nämnda algeriska träsorterna beslöts därför att skicka stockar av respektive träslag till Sverige.

Ett första test gjordes vid CNERIB:s besök i Sverige i september -91 då en algerisk *eucalyptus camaldulensis* testades vid träullsplattefabriken i Österbymo. Eukalyptusen hyvlades i fabriken hyvlar och sedan tillverkades två plattor för hand. Härvid användes en äldre tillverkningsmetod, vilken går ut på doppa ullen i en cementslamma istället för att fukta ullen och pudra över cementet. Med denna tillverkningsmetod fås en tyngre platta men metoden är fullt tillräcklig för att avgöra om man får tillräcklig vidhäftning mellan ullen och cementpastan.



Fig 10. Hyvling av *eucalyptus camaldulensis* vid T-produkternas fabrik i Österbymo (vänster). Mängden ull som man fick ut av en och en halv stock var drygt en kubikmeter (höger).



Fig 11. Ullen doppades i en cementslamma (vänster) varpå den fördelades i en form (höger). Formen fylldes till ca dubbla höjden.

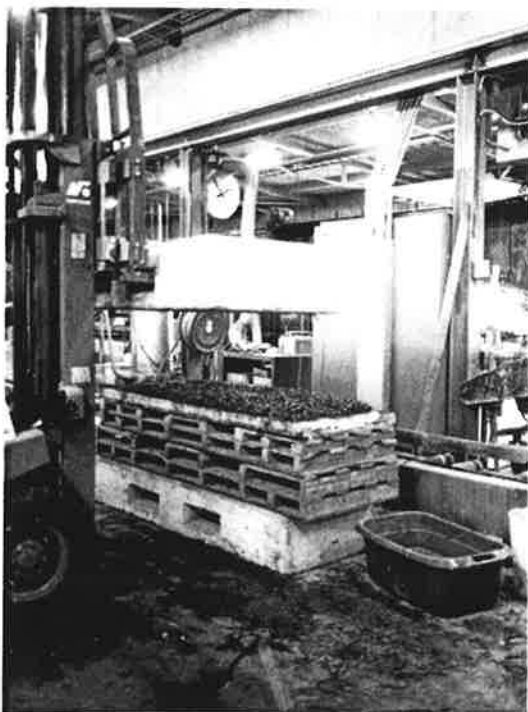


Fig 12. Ullen pressades samman med en tyngd som lades på formen (vänster). Högra bilden visar plattan efter ett dygn i form. Efter tre dygn kunde den avformas.

Försöket föll väl ut då man fick en mycket god vidhäftning. Inga hållfasthetstester har gjorts, men T-produkterna bedömer att det är fullt möjligt att tillverka träullsplattor med detta träslag.

P g a tillverkningsmetoden blev plattan dock tyngre än normalt. Efter några månader i rumstemperatur hade plattan, som gjordes 5 cm tjock, densiteten 380 kg/m³. Enligt T-produkternas produktblad har deras platta med motsvarande tjocklek en densitet på max 320 kg/m³ vid leverans (ca en månad efter tillverkning).

Slutsatser

När det gäller tillverkning av en cementbunden fiberplatta med alfagräs återstår det att lösa problemet med den dåliga vidhäftningen mellan gräset och cementet.

Vid tillverkning av en träullsplatta av eukalyptus erhöles däremot mycket bra vidhäftning mellan träull och cement.

Med tanke på de goda resultat som erhöles med träull av eukalyptus jämfört med alfagräs och med tanke på den stora tillgången och tillgängligheten av eukalyptus som finns kommer de fortsatta försöken att i huvudsak inriktas mot träullsplatta av eukalyptus.

Fler sorter av eukalyptus (och eventuellt även aleppotall) måste emellertid testas för att finna den lämpligaste sorten. Vid val av lämpligaste sort har - förutom de tekniska egenskaperna - tillgängligheten stor betydelse då det för en framtida fabrik är mycket viktigt att avverkningen kan ske rationellt.

Referenser

1. van Elten, G J: "Prefab elements from wood wool cement for economic and low cost housing in Argentine, Brasil, Honduras, Malaysia, Mexico, Panama, Spain, Yugoslavia", *International conference on the use of prefabricated building elements*, Hamburg, 19-22 september 1977.
2. Flynn, G och Hawkes, A J: *An industrial profile of wood wool/cement slab manufacture*, Tropical Products Institute, London, 1980.
3. Hawkes, A J och Robinson, A P: *The suitability of Eucalyptus grandis and two provenances of Pinus kesiya for wood wool/cement slab manufacture*, Tropical Products Institute, London, 1978.