



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R65:1986

**Utveckling av en icke luft-
indragande polymerdispersion
och dess inverkan på cement-
bruk och betong**

Satish Chandra

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningsrådet

R65:86

UTVECKLING AV EN ICKE LUFTINDRAGANDE
POLYMERDISPERSION OCH DESS INVERKAN
PÅ CEMENTBRUK OCH BETONG

Satish Chandra

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
801070-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Avdelning för byggnadsmaterial, CTH, Göteborg.

REFERAT

De flesta tillgängliga tillsatsmedel har luftindragande egenskaper. Hög lufthalt ger sämre mekaniska egenskaper och luftporssystemet i betong är ofta instabilt och svårt att reproducera. Det vore en fördel om man hade ett tillsatsmedel som förbättrade betongens beständighet utan att ha luftindragande egenskaper.

I laboratorium har man genom emulsionspolymerisation framställt en serie polymerdispersioner av olika sammansättning. Vid test i cementbruk har det visat sig att polymerdispersioner utan tensider inte har luftindragande egenskaper.

Cementbruk med några av dessa filmbildande polymerdispersioner provades med avseende på frost, beständighet mot saltsyra och kalciumklorid. Jämförelse har gjorts med andra i marknaden förekommande polymerdispersioner och en konventionell luftporbildare. Vid samtliga försök har den utvecklade - icke luftindragande - polymerdispersionen visat sig bäst.

Även i betong av olika hållfasthetsklasser har den nya polymerdispersionen givit samma resultat - ingen inverkan på de mekaniska egenskaperna men avsevärt förbättrad frostbeständighet.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

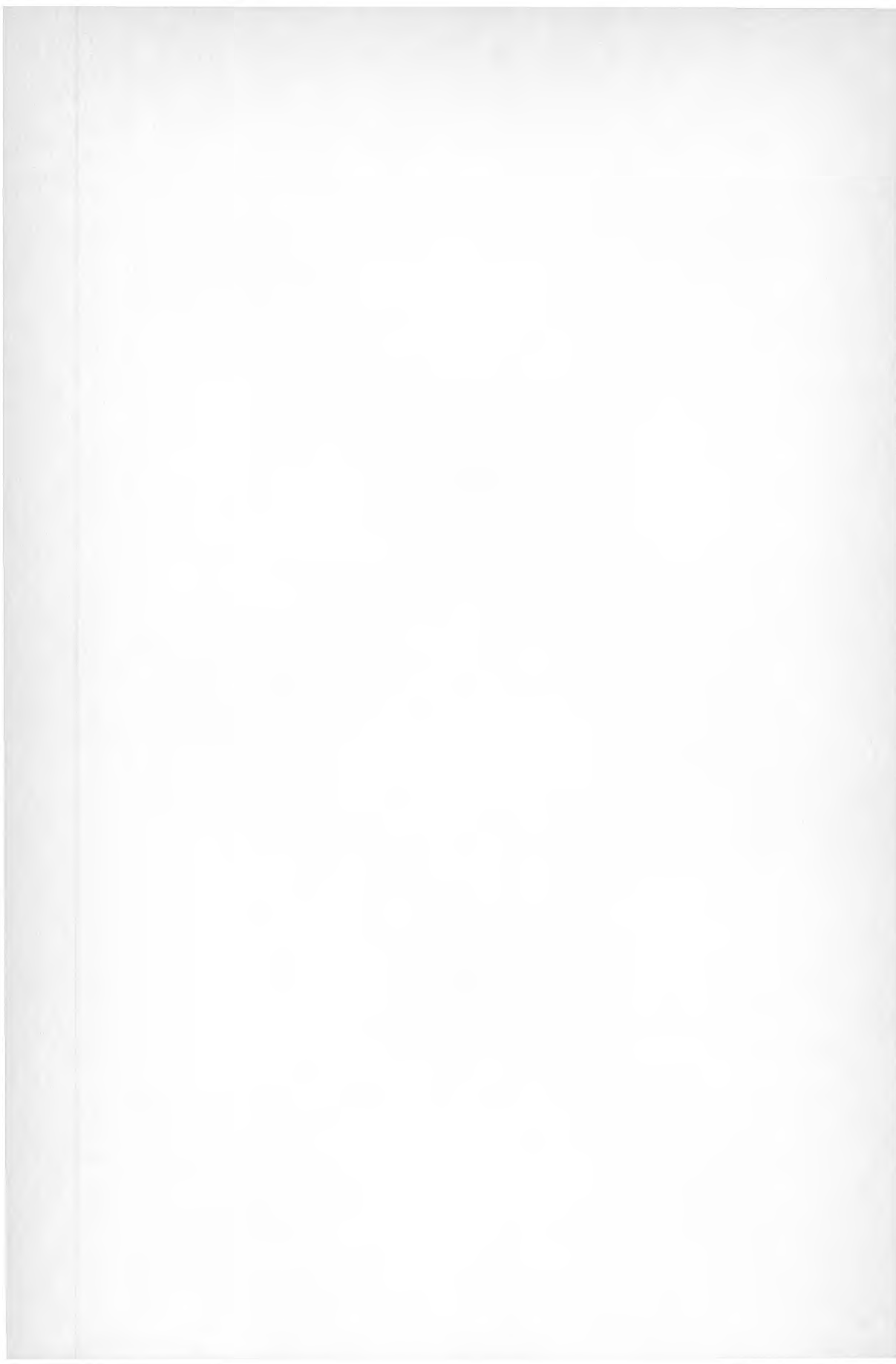
R65:1986

ISBN 91-540-4591-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING	3
1	INLEDNING	4
2	TILLVERKNING AV POLYMERDISPERSIONER	5
2.1	Allmänt om emulsionspolymerisation	5
2.2	Monomerer	5
2.3	Tensider	5
3	PROVNING AV FYSIKALISKA OCH MEKANISKA EGENSKAPER HOS BRUK MED OLIKA POLYMER- DISPERSIONER - SAMT UTPROVNING AV POLYMERDISPERSIONER I BETONG	9
3.1	Lufthalt i bruk	9
3.2	Hållfasthet hos bruk	10
3.3	Vattenabsorption hos bruk	11
3.4	Jämförande provning av polymertillsatsmedlet S1 i betong av olika hållfasthetsklasser ...	12
3.5	Analys av provningsresultat	13
4	BESTÄNDIGHETSPROVNINGAR I BRUK OCH BETONG MED TILLSATS AV NYUTVECKLADE POLYMER- DISPERSIONER	15
4.1	Cementbruk	15
4.2	Betong	18
5	DISKUSSION AV PROVNINGSRESULTAT	20
5.1	Beständighet mot saltsyra	21
5.2	Beständighet mot kalciumklorid	21
6	SLUTSATSER	22
	LITTERATUR	23



SAMMANFATTNING

De flesta tillgängliga tillsatsmedel har luftindragande egenskaper. Hög lufthalt ger sämre mekaniska egenskaper och luftporssystemet i betong är ofta instabilt och svårt att reproducera. Det vore en fördel om man hade ett tillsatsmedel som förbättrade betongens beständighet utan att ha luftindragande egenskaper.

I vårt laboratorium har man genom emulsionspolymerisation framställt en serie polymerdispersioner av olika sammansättning. Vid test i cementbruk har det visat sig att polymerdispersioner utan tensider inte har luftindragande egenskaper.

Cementbruk med några av dessa filmbildande polymerdispersioner provades med avseende på frost, beständighet mot saltsyra och kalciumklorid. Jämförelse har gjorts med andra i marknaden förekommande polymerdispersioner och en konventionell luftporbildare. Vid samtliga försök har den vid CTH utvecklade - icke luftindragande - polymerdispersionen visat sig bäst.

Även i betong av olika hållfasthetsklasser har den nya polymerdispersionen givit samma resultat - ingen inverkan på de mekaniska egenskaperna men avsevärt förbättrad frostbeständighet

SUMMARY

Most commercial admixtures used in concrete have air entraining properties. Increased air content deteriorates the mechanical strength. Furthermore the air-pore system in concrete is often unstable and difficult to reproduce. Therefore it can be better to have an admixture which improves the concrete durability without having an air entraining character.

In our laboratory, a series of polymer dispersions was made by emulsion polymerisation. These were made with and without tensides. During testing it is seen that polymer dispersions made without tensides did not have an air entraining property.

Freeze - thaw resistance, resistance against hydrochloric acid and calcium chloride were tested in cement mortar made with the addition of some of these film-forming polymer dispersions. Comparison is made with other polymer dispersions and with a conventional air entraining agent. Non air entraining polymer dispersion developed here showed the best results. The concretes of different quality tested, showed similar results with a non air entraining polymer dispersion. - No influence on the mechanical properties but significant improvement in freeze - thaw resistance.

1 INLEDNING

Tillsatsmedel till betong tillsätts betongen i färskt stadium och används i syfte att förbättra den hårdnade betongens beständighet. Användandet av tillsatsmedel i betong har under senare år avsevärt ökat i omfattning. Konsumtionen av tillsatsmedel i Västeuropa fördubblades under tiden 1973-78 och under år 1975 innehöll ca 50% av all nygjuten betong i de industrialiserade länderna tillsatsmedel av något slag (1,2,3). Konsumtionen av tillsatsmedel tycks gå hand i hand med den ökade utvecklingen inom betongelementtillverkningen, så väl som inom färdigbetongindustrin.

Det ökade användandet av tillsatsmedel till betong har ökat intresset för tillsatsmaterial och dess teknologi inom alla sektorer av byggnadsindustrin. Konstruktörer är i behov av detaljerad information om tillsatsmedlets inverkan på betong för att kunna fastställa konstruktionens karakteristika.

De flesta kommersiellt tillgängliga tillsatsmedel har luftindragande egenskaper. Ökad lufthalt i betongen försämrar ofta materialets mekaniska egenskaper. Luftporsystemets stabilitet och reglerbarhet är i många fall tveksam och oviss. Lufthalten i två färska betongblandningar kan vara lika men porstrukturen i de färdiggjutna konstruktionsdelarna helt olika beroende på skillnader i hantering och gjutteknik. Dessa praktiska problem för normal betong skapar ett behov av ett tillsatsmedel som förbättrar betongens beständighet utan luftindragande egenskaper. Med ett sådant tillsatsmedel vore det möjligt att tillverka betong med en mer likformigt fördelad porstruktur och därmed ge möjlighet till att bättre förutsäga konstruktionsdelarnas karakteristika

Det är i huvudsak tensider som förorsakar luftindragning i betong (4). I vårt laboratorium har nya polymerdispersioner utvecklats som inte innehåller tensider (ytaktiva medel). Dessa nya dispersioner har testats i bruk och bruken har provats med avseende på hållfasthet, vattenabsorption, frostbeständighet och beständighet mot saltsyra och kalciumklorid. Den bästa av dessa polymerdispersioner har därefter testats i betong av hållfasthetsklass K30, K40 och K50.

2 TILLVERKNING AV POLYMERDISPERSIONER

2.1 Allmänt om emulsionspolymerisation

Polymerisationsmetoden som använts vid arbetet är emulsionspolymerisation. Reaktionssystemet består av monomer, tensid = emulgator, vatten och en vattenlöslig initiator. Tensiden kan vara anjonisk, nonjonisk eller katjonisk. De laddade anjoniska och katjoniska tensiderna skyddar partiklarna från att fällas ut genom repellerande laddningar, medan de nonjoniska tensiderna skyddar partiklarna genom steriska effekter.

I reaktionssystemet finns monomeren till större delen som droppar, stabiliserade av emulgatorn. En liten del av monomeren är dock lösta i vattnet. Tensidmolekylerna bildar aggregat, miceller, som består av 50-100 molekyler med de hydrofoba svansarna inåt och de hydrofila delarna utåt mot vattnet. Micellerna bildas vid en koncentration över CMC, den kritiska micellkoncentrationen, och står i jämvikt med fria emulgatormolekyler i vattenfasen. Initiatorn reagerar med monomerer som är löst i vattnet och bildar radikaler. Dessa radikaler fortsätter att reagera med monomer löst i vattenfasen, tills kedjan antingen fångas in av en micell eller faller ut i vattenfasen. Vad som sker beror på micellkoncentrationen, fler miceller ger större chans till infångning. Monomerdropparna konkurrerar ej, då deras totala yta är för liten. I micellerna fortsätter reaktionen genom att monomer från monomerdropparna diffunderar in i micellerna. Reaktionen fortsätter tills en annan radikal diffunderar in i micellen och terminerar reaktionen. Partikelstorleken vid emulsionspolymerisation är 0,03-5 μm .

2.2 Monomerer

Under polymerisationerna har två olika monomersystem använts. Dels metylmetakrylat MMA + butylakrylat BA, dels styren St + 2-etylhexylakrylat 2-EHA. Genom att variera sammansättningen från ren MMA resp. St till 50% MMA eller St och 50% BA eller 2-EHA, varierar karaktären på polymeren från hårda till mjuka mikropartiklar. Som funktionella monomerer används akrylsyra AS och akrylamid AA, för att förbättra stabiliteten på latexen och ger en förbättrad affinitet mot betongytorna pga sin hydrofila karaktär.

2.3 Tensider

Tensiderna som använts har varit av alla tre typerna, anjoniska, nonjoniska och katjoniska.

Anjoniska

Berol 482	Natriumlaurylsulfat
Berol 733	Kaliumsaltet av fosfaterad alkylfenoletenoxidaddukt

Nonjoniska

Berol 09	Alkylfenoletenoxidaddukt	HLB = 13,3
Berol 057	Rakkedjig primär alkohol	HLB = 15,5
Berol 281	Alkylfenoletenoxidaddukt	HLB = 16,0
Tween 40	Etenoxid-Sorbitanmonopalmitat	HLB = 15,6
Tween 60	Etenoxid-Sorbitanmonostearat	HLB = 14,9

Katjonisk

Berol 594	1-hydroxyletyl-2-akylimidazolin
-----------	---------------------------------

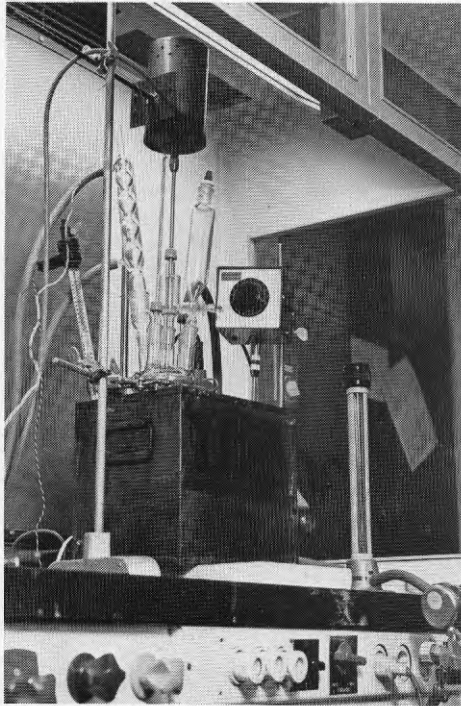
2.4 Utförande

Grundrecept:

Vatten	490 ml
Monomer	210 gr
Ammoniumpersulfat	1 gr
Natriumbisulfid	1 gr
Tensid	varierande, 0-5% av monomermängd

Detta recept ger teoretisk torrhalt 30%. Tensidmängden varierar beroende på önskad halt (% av monomermängd) och den aktiva halten på tensiden.

Försöken utfördes i en 1 liters reaktionskolv av glas, försedd med omrörare, kylare, kväveinledningsrör, termoelement och dropptratt. Termoelementet är kopplat till en skrivare som registrerar temperaturen i reaktionskärlet. Reaktionskolven är nedsänkt i ett vattenbad, där temperaturen regleras genom ett värmeelement kopplat till en kontakttermometer. I reaktionskolven blandas vatten, emulgator och hälften av monomerblandningen. Omrörningen startas och kvävgas kopplas på. Reaktionen startas genom att initiatorn tillsättes. Vid samtliga försök användes en initiator av redox-typ. Då reaktionen startat ökar temperaturen eftersom reaktionen är exoterm. När temperaturen åter stabiliserat sig runt den önskade reaktionstemperaturen tillsättes resterande monomer droppvis. Reaktionen fortgår tills någon monomer ej mer syns kondensera i kylaren. Reaktionen avbryts genom att temperaturen sänks och kvävetillförseln stoppas. Den bildade emulsionslatexen pH-justeras med ammoniak till pH = 9 och silas genom en nylonsilduk.



Figur 1. Polymerisationsanläggningen

Sammansättningen av några polymerdispersioner tillverkade vid vårt laboratorium visas i tabell I. Dispersionerna är baserade på monomersystemet MMA + BA.

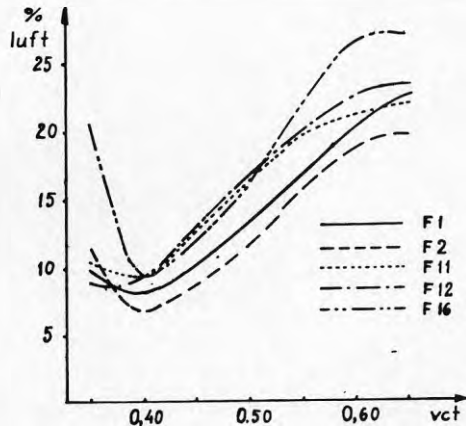
Tabell I Sammansättning av laboratorietillverkade polymer dispersioner baserade på monomersystemet MMA + BA.

Prov nr	Monomer					Tensid beteckn	Mängd	Anm.
F1	MMA	75%	BA	25%		B 733	2%	
F2	MMA	50%	BA	50%		B 733	2%	Anjonisk
F11	MMA	73%	BA	25%	AS 2%	B 733	1,5%	tensid
F12	MM	48%	BA	50%	AS 2%	B 733	1,5%	
F16	MMA	50%	BA	50%		B 733	5%	
B5	MMA	75%	BA	25%		B 057	4%	Nonjonisk
B6	MMA	50%	BA	50%		B 05	4%	tensid
17	MMA	45%	BA	50%	AS 5%	-	-	
S1	MMA	40%	BA	50%	AS 5% St MA	-	-	
S15	St	68%	2-EHA	25%	AS 2% St MA	-	-	

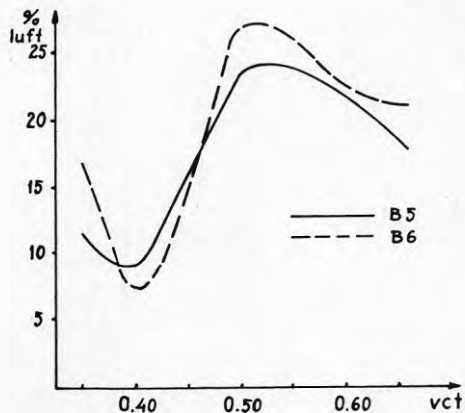
3 PROVNING AV FYSIKALISKA OCH MEKANISKA EGENSKAPER HOS BRUK MED OLIKA POLYMERDISPERSIONER - SAMT UTPROVNING MED POLYMERDISPERSION I BETONG

3.1 Lufthalt

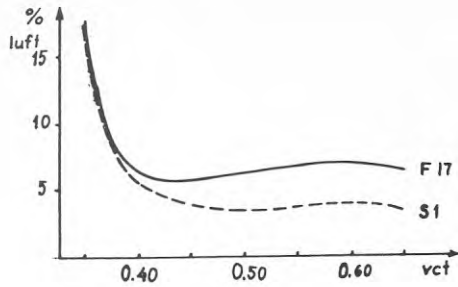
Lufthalten som funktion av vattencementtalet hos cementbruk 1:3 med tillsats (3% av cementvikten) av några nytvecklade polymerdispersioner visas i figurerna 2, 3 och 4. Lufthalten bestämdes med hjälp av densitetbestämning hos färskt bruk.



Figur 2. Lufthalt som funktion av vattencementtalet vid iblandning av dispersioner med anjonisk tensid B.733 och MMA-BA monomer.



Figur 3. Lufthalt som funktion av vattencementtalet vid iblandning av dispersioner med nonjontensid B.057 och MMA-BA monomer.



Figur 4. Lufthalt som funktion av vattencementtalet vid iblandning av dispersion med MMA-BA-AS monomer, utan tensid.

3.2 Hållfasthet i bruk

Hållfasthet hos cementbruk 1:3 med tillsats av nonjoniska och anjoniska polymerdispersioner visas i tabell II. En fullständig sammanställning av provningsresultat och provningsmetoder återfinnes i CTH-rapport 82:14. Stabila katjoniska polymerdispersioner kunde inte tillverkas.

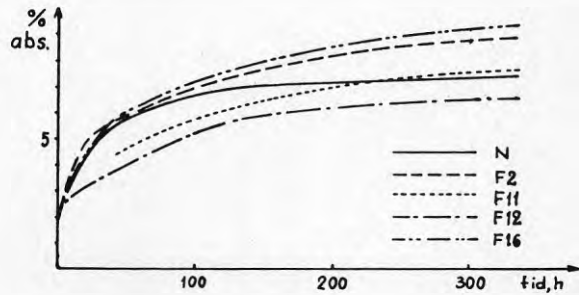
Tabell II Böjdrag och tryckhållfasthet efter 28 dygn hos cementbruk 1:3 med tillsats av olika polymerdispersioner. Provkropparnas storlek 4x4x16 cm.

Tensid typ	Prov nr	Luft-halt %	Hållfasthet böjdrag MPa	tryck MPa	Anm.
B 733	F1	12,9	5,5	25,5	
Anjonisk tensid	F2	11,9	5,7	29,0	
	F11	15,9	4,3	19,0	
	F12	10,8	5,3	31,0	
	F16	16,0	6,7	25,6	
B 057	B5	23,9	2,6	10,0	
Nonjonisk tensid	B6	29,1	3,9	20,3	
-	F17	6,5	7,4	43,7	
-	N	2,5	7,4	43,5	
-	S1	2,7	7,5	49,5	Stabiliserad
-	S15	6,4	7,5	44,8	med St MA

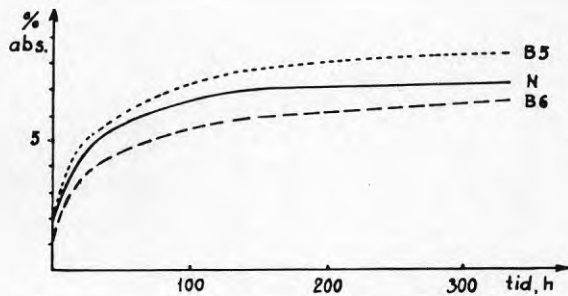
3.3 Vattenabsorption i bruk

Mätningarna utfördes på provkroppar 4x4x16 tillverkade på samma sätt som för de mekaniska mätningarna.

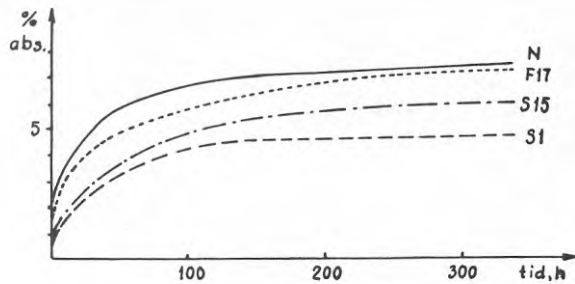
Provkropparna härdades 28 dagar under vatten och uttorkades därefter till konstant vikt vid 105°C. Den kapillära vattenabsorptionsbestämningen utfördes i en glasbehållare med ungefär 1 cm av provkroppen neddoppad i vatten. Viktökningen i tiden bestämdes. resultaten visas i figurerna 5, 6 och 7.



Figur 5. Vattenabsorptionen som funktion av tiden för provkroppar med iblandning av dispersioner med anjonisk tensid B.733 och MMA-BA monomer.



Figur 6. Vattenabsorption som funktion av tiden för provkroppar med iblandning av dispersioner med nonjonisk tensid B.057 och MMA-BA monomer



Figur 7. Vattenabsorption som funktion av tiden för provkroppar med iblandning av dispersion med MMA-BA-AS monomer utan tensid.

3.4 Jämförande provning av polymertillsatsmedel S1 i betong av olika hållfasthetsklasser

De ovan redovisade resultaten från provningar med cementbruk visar att polymerdispersionen S1 var det tillsatsmedel som påverkade brukets mekaniska egenskaper. S1 valdes därför som tillsatsmedel i den jämförande provningen med betong av olika hållfasthetesklasser.

Tre betongtyper K30, K40 och K50 tillverkades. Tillsatsmängden var 3% polymerdispersion räknat på cementvikten. Jämförelse gjordes med betong av samma sammansättning utan tillsatsmedel.

Betongsammansättningarna och den färska betongens egenskaper redovisas i tabell III.

Tabell III Sammansättningen för de olika betongerna och de uppmätta värdena för den färska betongen.

Betong nr	Hållf. klass	Mängd tillsats medel % av cem.vikt	Betongsammansättning kg/m ³				Färska betongen	
			Cement	Makadam	Gjut-grus	vct	Densitet kg/m ³	Lufthalt %
1	K30	0	278	488	1337	0,70	2300	2,8
2	K30 S1	3	275	483	1336	0,70	2290	4,0
3	K40	0	332	536	1245	0,61	2320	3,2
4	K40 S1	3	328	529	1234	0,61	2290	4,0
5	K50	0	400	577	1173	0,49	2350	2,5
6	K50 S1	3	395	570	1161	0,50	2325	3,5

Hållfasthetsutvecklingen för de olika betongtyperna är sammanställda i fig. 8.

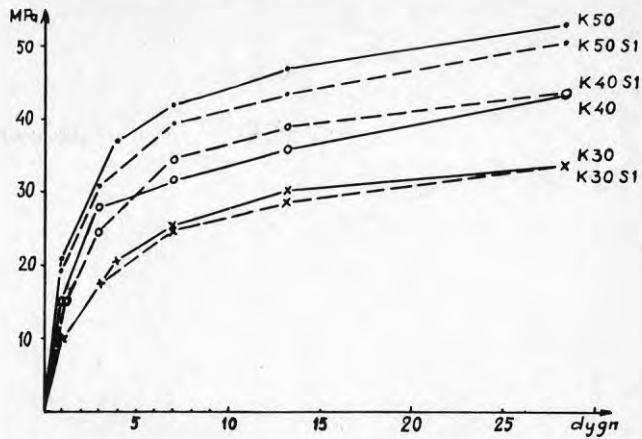


Fig. 8 Utvecklingen av tryckhållfastheten hos betong K30, K40 och K50 med och utan polymertillsats.

Vattenabsorptionen bestämdes på utborrade cylindrar ϕ 10 cm med höjden = 4 cm. Provkropparna torkades till jämvikt vid 105°C. Efter avsvulning i exikator tätades mandelytorna med silicon och kapillära vattenabsorptionen bestämdes enligt (17). Efter avslutad kapillärsugningprovning lagrades proverna 7 dygn under vatten och den totala vattenabsorptionen bestämdes. Viktökningen i tiden och den totalt uppsugna vattenmängden redovisas i fig. 9 och tabell IV.

Tabell IV Uppsugen vattenmängd i viktprocent efter fullständig vattenmättnad.

Betong	K30	K30 S1	K40	K40 S1	K50	K50 S1
Uppsugen vattenmängd i vikt-%	7,33	7,13	6,92	6,38	6,44	6,11

3.5 Analys av provningsresultat

Försöksresultaten visar att i monomersystemet MMA+BA (metylmataakrylat + butylakrylat) var de nonjoniska tensiderna mer luftindragande än de anjoniska. Med polymerdispersionen utan tensid (F17) erhöles lägre lufthalt och högre hållfasthet (tabell II). Vid tillsats av polymerdispersionen S1, som är en modifikation av F17, var lufthalten och hållfastheten lika som för bruk utan tillsatsmedel (N i tabell II).

S1 visar sig också fungera i betong. Lufthalterna är obetydligt högre än för betong utan tillsatsmedel och hållfasthetsutvecklingen påverkas inte.

Vattenabsorptionen för bruk med anjoniska och nonjoniska polymerdispersioner var högre än för bruk med polymerdispersionen F17. För den senare var vattenabsorptionen lika som för bruk utan tillsatsmedel (N). Lägst vattenabsorption erhöles med den modifierade polymerdispersionen Sl. Även i betong ger tillsats av Sl en något lägre vattenabsorption än utan tillsatsmedel.

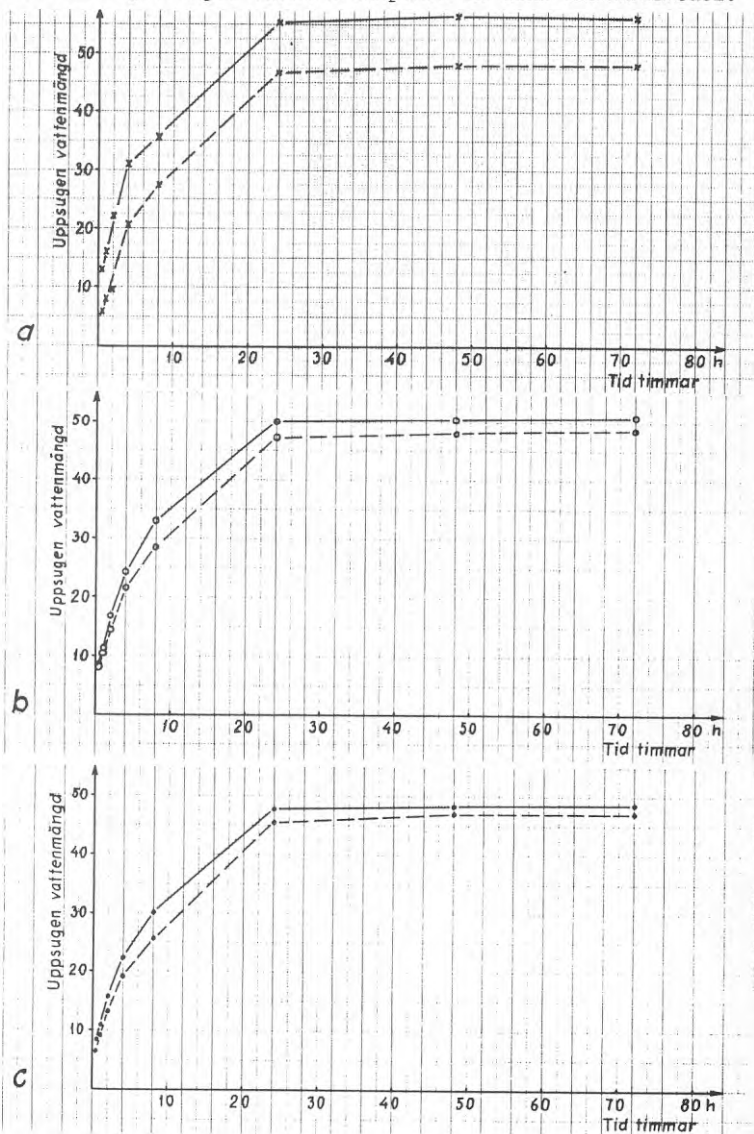


Fig. 9 Uppsugen vattenmängd vid kapillärsugning
 a) K30, b) K40, c) K50, _____ normalbetong,
 ----- betong med tillsats av Sl

4 BESTÄNDIGHETSPROVNINGAR MED TILLSATS AV NYUTVECKLADE
POLYMERDISPERSIONER

4.1 Cementbruk

Brukprismor 4x4x16 cm med cement:sandförhållandet 1:3 och med tillsats av de laboratorietillverkade polymerdispersionerna F17 och S1 provades med avseende på frostbeständighet och beständighet mot saltsyra och beständighet mot kalciumklorid. Som referenser användes motsvarande bruk utan tillsatsmedel samt bruk med tillsats av några komersiella tillsatsmedel. Prismorna härdades 5 dygn i vatten och därefter 21 dygn i klimatrums, +20°C RH = 55%. Brukens fysikaliska egenskaper visas i tabell V. Vattenabsorptionen bestämdes efter det att prismorna uttorkats till jämvikt vid +105°C i ventilerat torkskåp.

Tabell V Fysikaliska egenskaper hos cementbruk 1:3

Beteckning	Färskas brukets densitet kg/m ³	Lufthalt halt %	Tillsatsmedel % av cementvikt	Hållfasthet MPa Tryck	Böjdrag	Vattenabsorp- %
N	2275	2,5		44,4	6,8	7,30
Al	2168	7,8	0,56	43,0	6,0	6,26
CEM	2206	6,2	1,0	46,2	7,9	5,94
B	2220	5,2	0,05	41,0	6,0	7,10
F17	2155	6,5	1	43,7	7,4	7,00
S1	2240	2,7	1	49,5	7,5	4,52

N -	Cementbruk utan tillsatser
Alicite -Al	Oorganisk polymerdispersion levererad av Duncan Sales Co. USA
CEM - C	Asfaltmodifierad styrenmetakrylat polymerdispersion levererad av Bofors AB, Sverige
Barra - B	Konventionellt LP-medel, Cementa AB, Sverige
F17 -	Polymerdispersion utan tensid tillverkad vid vårt laboratorium
S1 -	Polymerdispersion utan tensid modifierad med stearylmetakrylat tillverkad vid vårt laboratorium

Frostbeständigheten testades enligt en tysk metod (7) med nedfrysning under 16 timmar i -15-gradig mättad NaCl-lösning och upptining under 8 timmar i rent +20-gradigt vatten. Resultaten visas i tabell VI. I tabellen anges det antal fryscyklar efter vilka synliga skador på provkropparnas ytor kunde observeras.

Tabell VI Antal fryscyklar efter vilka synliga skador på provkropparnas ytor kunde observeras. Provkropparnas dimension 4x4x16 cm.

Beteckning	N	B	F17	Al	C	Sl
Antal frys- cykler	27	30	40	40	44	56

Beständigheten mot saltsyra testades i 15%-ig HCl. Syrakoncentrationen valdes lika som i de tidigare utförda arbetena (8) och (9). Provkropparna lagrades kontinuerligt i syralösningen i slutna glasbehållare. Syralösningens pH hölls konstant. Resultaten från provningen visas i tabell VII. Provkropparnas utseenden efter 17 dygns syrebehandling i figur 10.

Tabell VII Viktförluster hos provkropparna 4x4x16 cm efter 17 och 27 dagars lagring i 15%-ig saltsyra.

Beteckning	Viktförluster %		Anm.
	efter 17 dgr	efter 27 dgr	
N	22,20	-	Skadad
B	10,30	24,00	Kanterna angripna efter 17 dygn Skadad efter 27 dygn
F17	7,39	15,93	- " -
Al	5,70	13,00	- " -
C	5,79	9,30	skadade efter 27 dygn sidorna sprack
Sl	3,59	5,59	Endast hörnen angripna sidorna fortfarande hela

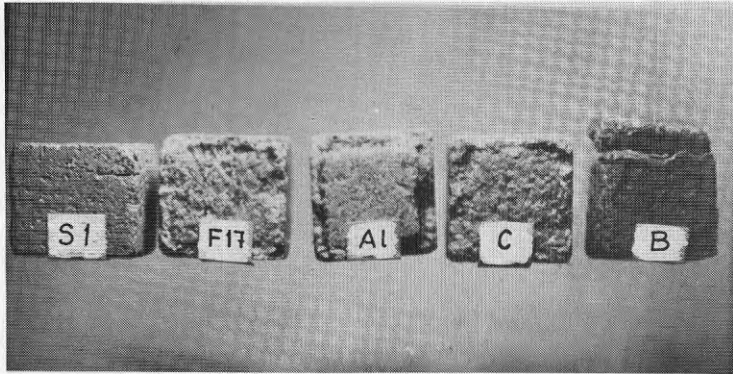


Fig. 10 Provkroppar av cementbruk (1:3) fotograferade efter 17 dygns lagring i 15%-ig saltsyra. Från vänster till höger: S1, F17, A1, C och B. Beteckningar se tab. III.

Beständigheten mot kalciumklorid testades i 30%-ig CaCl_2 lösning vid +5°C. Provkropparna lagrades kontinuerligt i kalciumkloridlösning i slutna glasbehållare. Provkropparnas utseende efter 20 dygns lagring visas i fig. 11.

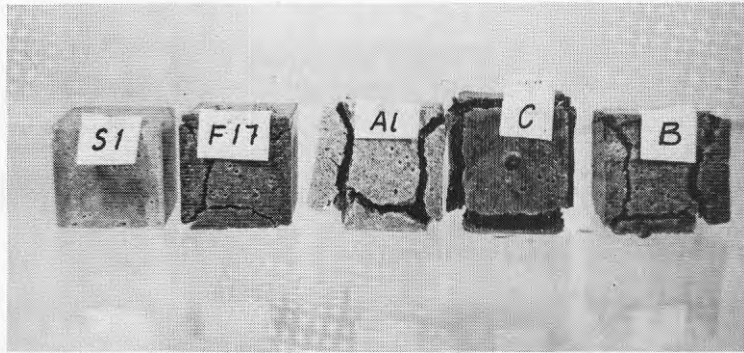


Fig. 11 Fotografi taget efter 20 dygns lagring i 30%-ig CaCl_2 lösning. Bruksprismorna är från vänster till höger S1, F17, A1, C och B. Beteckningar se tabell III.

4.2 Betong

De efter kapillärsugning vattenmättade betongcylindrarna (se 3.4) användes för provning av betongernas frostbeständighet.

Avskalad mängd material fram till 28 cykler angivet i mg/mm^2 provad yta visas i fig. 12. Diagrammen är medelvärde av 3 prover. I tabell VIII anges det antal fryscyklar efter vilka provkropparna slutligen förstördes.

Tabell VIII Sammanställning av frysförsöken för betong K30, K40 och K50.

Betong Nr	Beteckning	Antal fryscyklar efter vilka provkroppen förstördes		
		Prov 1	Prov 2	Prov 3
1	K30	18	16	13
2	K30 S1	32	29	28
3	K40	19	13	18
4	K40 S1	60	41	28
5	K50	17	13	18
6	K50 S1	41	39	29

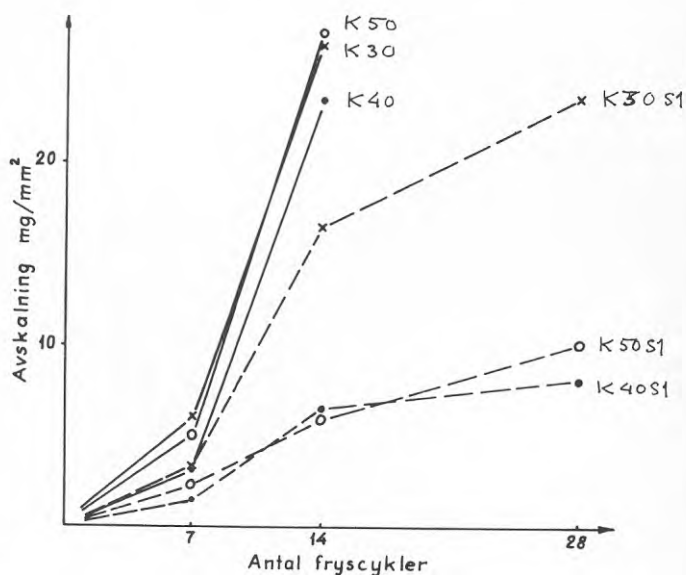


Fig. 12 Mängd avskalad material som funktion av antalet fryscyklar.

I fig. 13 visas en omgång provkroppar fotograferade efter 20 cykler. Samtliga provkroppar utan tillsatsmedel SI har frusit sönder.



Fig. 13 Frysprover fotograferade efter 20 cykler.

5 DISKUSSION AV PROVNINGSRESULTAT

Tabell V visar att de olika tillsatsmedlen gav bruket varierande lufthalt. Med den nyutvecklade polymerdispersionen blev lufthalten i stort sett lika som hos bruket utan tillsatsmedel (2-3%). Samma resultat erhöles vid användning av polymerdispersionen Sl i betong. Med polymerdispersionen F17, där samma monomer använts som i Sl, var lufthalten 6,5%. Vattenabsorptionen i hårdnat bruk varierar mellan 4,5 och 7,3% beroende på använt tillsatsmedel med följande avtagande ordningsföljd $N > B > F17 > Al > Cem > Sl$. I hårdnad betong var vattenabsorptionen genomgående något lägre i provkroppar med tillsatsmedel.

Frostbeständighetsprovningarna (tabell VI) visade att antalet fryscykler efter vilket synliga skador på provkroppsytor kunde konstateras var lägst hos bruk N och högst hos bruk med polymerdispersionen Sl. Ordningen emellan överensstämde med den för vattenabsorptionen, dvs $N < B < F17 < Al < Cem < Sl$, men ej med rangordningen för lufthalten (tabell V). Polymerdispersionen Sl förbättrar också betongens frostbeständighet. Som framgår av fig. 12 är avskalningarna avsevärt mindre för de betonger som innehåller Sl. Tabell VIII visar att antalet fryscykler innan provkroppen förstörs mer än fördubblats för de polymeretillsatta proverna.

Frostbeständigheten beror huvudsakligen på hur luften är fördelad i strukturen och på porernas storleksfördelning. Luftens dispersion i betongen är därför av yttersta vikt. Fördelningen av luften samt dess reproducerbarhet är ett stort problem vid användandet av luftporbildande tillsatsmedel. Bedömningen av betongens beständighetsegenskaper på basis av lufthalten kan därför många gånger vara vanskelig och osäker. Vid tillsats av polymerdispersionen Sl i dessa försök erhöles ingen ökad lufthalt men väl den bästa frostbeständigheten av samtliga provade bruk. Den förbättrade frostbeständigheten i detta fall kan bero på fysikaliska-kemiska fenomen. Kalciumhydroxiden från cementets hydrataion reagerar med karboxylgruppen i polymerdispersionen och bildar ett stabilt hydrofobt komplex i färskt stadium (10) vilka uppträder som ett plastiskt semipermeabelt membran. Därutöver fäster en del mikropartiklar med sin hydrofoba del mot luftfasen och den hydrofila mot vattenfasen. På så sätt kommer por- och kapillärväggarna att täckas med mikropartiklar vilka under uttorkningskedet bildar en skyddande elastisk hinna på porväggarnas ytor. Dessa hydrofoba egenskaper hos brukstrukturen i kombination med dess ökade täthet orsakad av kalciumkomplexet bidrar till en förhindrad uppsugning av mättad natriumkloridlösning in i bruket. Expansionen förorsakad av isbildningen under fryssingen upptas till viss del av den elastiska polymerfilmen på porväggarnas ytor och av de semi-permeabla membranerna vilket minskar risken för mikrosprickbildning.

5.1 Beständighet mot saltsyra

Bruket utan tillsatsmedel (N) förstördes som första bruk av den 15%-iga saltsyran efter 17 dagar (tabell VII). Övriga bruk utom den med S1 förstördes efter 27 dagar.

Huvudparten av viktförlusterna hos provkropparna inträffade redan efter 1 dag då ytskikten och hörnen förstördes. Den fortsatta nedbrytningen var långsam.

Detta fenomen diskuteras inte här men är beskrivet av bl a Romben (13), Biczok (14) och Rubetskaya (15). Efter 17 dagar var provkropparna av normalbruket N helt förstörda och provkropparna av bruket B innehållande en konventionell luftporbildare mycket angripna. Övriga bruk utom den med tillsats av S1 var mindre angripna efter 17 dagar men helt förstörda efter 27 dagar. För bruket med S1 var endast hörnen angripna och den totala viktförlusten 5,6%. Brukens nedbrytning inträffade i ordning enligt följande: $N > B > C > F17 > S1$. Orsaken till S1-provkropparnas små skador är åter brukstrukturens täthet och hydrofoba karaktär vilket minskar och fördröjer saltsyrans inträngning i strukturen. Bildandet av kalcium-komplexet, vilket är beständigt mot saltsyra, har dessutom minskat mängden fri kalciumhydroxid.

5.2 Beständighet mot kalciumklorid

Berntsson och Chandra (16) visade att kalciumklorid inte enbart har en menlig inverkan på armeringens korrosion utan även på själva betongen. Samtliga provade bruksprismor vid dessa försök förstördes av mättad kalciumkloridlösning efter 18-21 dagar utom S1-bruket vilket var i det närmaste oskadat. Anledningen till dessa små skador är inte fullt klarlagd.

6 SLUTSATSER

Det är fullt möjligt att tillverka en polymerdispersion utan luftindragande egenskaper. Denna består av mjuka mikropartiklar och har filmbildande förmåga. Brukprovkroppar tillverkade med sådan tillsats uppvisade oförändrade hållfasthetsegenskaper men klart förbättrade beständighetsegenskaper mot frost, 15%-ig saltsyra och mättad kalciumkloridlösning. Samma gynnsamma resultat uppnår man vid användning av polymerdispersionen i betong. De mekaniska egenskaperna påverkas inte men frostbeständigheten förbättras avsevärt.

LITTERATUR

1. Admixtures - Proceedings of the international congress on admixtures, London 16-17th April 1980.
2. Rixon, M.R., Proceedings of the cement admixtures association symposium, Admixtures for concrete, The construction press, London 1975.
3. Mieliencz, R.C., Use of surface active agents in concrete, fifth international symposium on the chemistry of cement, Tokyo 1968, part IV.
4. Chandra, S. and Arwidson, M., Influence of polymer dispersion on the cement mortar, Nordic concrete research 1982.
5. Chandra, S., Flodin, P., Magnusson, O., Hydrofobering av betong, applied for patent, November 1983.
6. Harkins, William D., General theory and mechanism of emulsion polymerisation, II. J. Polymer Sc. Vol. V no. 2.
7. Deutscher Beton-Verein E.V., Verfahren zur prüfung des Frost und tusalz widerstandes von Beton für Brücken, Koppen und ähnliche Bauteile, Betongwerk + Festigkeit - Technik, Heft 1, Jan 1976, Seiten 27-28.
8. Chandra, S. and Arwidsson, M., Influence of Polymer dispersions on the Cement Mortars, Nordic Conc. Res. Publ. no. 1, 1982.
9. Chandra, S., Structure stabilization of cement mortar and concrete with polymer addition. Rapport 1983:5, CTH 1983.
10. Concrete polymer materials, Fourth topical report, ed. by Kukacka, L.E. and De Puy, G.W., Engg. & Res. centre, Denver, Report REC-ERC-72-10 and BNL upton, Report BNL 50328, Jan. 1972 pp 42 and 102.
11. De Puy, C.W., Freeze-thaw and acid resistance of polymer impregnated concrete, publ. SP-47, Durability of concrete ACI, Detroit 19775, pp 233-57.
12. Chandra, S., Flodin, P. and Berntsson, L., Interaction between calcium hydroxide and styrene methacrylate polymer dispersion. 3rd international conference on polymer in concrete, May 13-15. Koriyama, Japan 1981.

13. Romben, L., Aspects on testing methods for acid attacks on concrete, Further experiments, Swedish cement concrete research institute, Report FO 9:1979, Stockholm 1979.
14. Biczok, I., Concrete corrosion - concrete protection, Akademiado, p 149, Budapest 1972.
15. Rubetskaya et al, A method of calculation of depth of destruction in concrete in corrosion conditions, Beton 1, 2, Heft 20, no. 16. October 1971.
16. Berntsson, L., Chandra, S., Damage of concrete sleepers by calcium chloride, Cem. Conc. Res. Vol 12, pp 87-92, 1982.
17. Betonghandbok, Material, Svensk Byggtjänst, 1980.



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 801070-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Avdelning för
byggnadsmaterial, CTH, Göteborg.

R65: 1986

ISBN 91-540-4595-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706065

Abonnemangsgrupp:
Z. Kontruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 25 kr exkl moms