

27 02

PRZEDSIĘBIORSTWO ROBÓT IZOLACYJNYCH

**IV KONFERENCJA TECHNICZNA
„NOWE MATERIAŁY
I TECHNOLOGIE W WYKONAWSTWIE
ROBÓT CHEMOODPORNÝCH”**



**PRZEDSIĘBIORSTWO
ROBÓT IZOLACYJNYCH**

**ul. MUCHOBORSKA 8
54-424 WROCLAW
Tel. 55-00-60**

LASOCIN

23—25 październik 86

**POLSKI ZWIĄZEK
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
BUDOWNICTWA**

KOŁO NR 96

**przy Przedsiębiorstwie Robót Izolacyjnych
ul. Muchoborska 8, tel. 55-00-60
54-424 WROCŁAW**

BETON POLIMERO-FURANOWY I JEGO PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA

R.A. Bares, Czechosłowska Akademia Nauk

Klasyfikacja i definicje betonów polimerowych

Jedną z najważniejszych dziedzin zastosowań tworzyw sztucznych w budownictwie stały się obecnie mieszanki betono-polimerowe /CPC/, w których spoiwo wielocząsteczkowe /najczęściej termo-utwardzalne / zastępuje częściowo lub całkowicie tradycyjne spoiwa /cement, zaprawa do tynków/ w sztucznych materiałach stałych /beton, zaprawa murarska/. Zastosowanie tych materiałów z technicznego punktu widzenia jest korzystne, chociaż może być często połączone z pewnymi trudnościami i ujemnymi stronami. Zachowanie się tych materiałów różni się znacznie od zachowania się materiałów tradycyjnych. Same zastosowania w procesie produkcji i niektóre wymagania tych materiałów /odnośnie na przykład utwardzania/ są całkowicie odmienne.

Oto dopuszczalne terminy: beton polimerowy lub zaprawa polimerowa /ale także: beton żywiczy, beton de plastique, Kunststoff - Beton, Kunstharz-Beton, plastobeton, polimerobeton/. Powszechnie stosowany w literaturze specjalistycznej skrót: PC /rys.1/.

Betony, w których do mieszanki dodawane są tworzywa sztuczne, w celu wywarcia wpływu na niektóre właściwości produkowanego materiału - są nazywane polimerobetonami lub betonami żywicznymi / beton de ciment-resine, Cement-Kunststoff, Beton mit Polymerzusatz, polymerobeton, polymerocementnyj beton/ - skrót PCC. W przypadku tworzyw sztucznych wprowadzanych ex post do betonu cementowego, tworzących nowy niezależny szkielet strukturalny, stosujemy termin - betony polimerowe impregnowane / skrót PIC/. W przypadku tworzyw sztucznych wprowadzanych ex post do betonu polimerowego, tworzących nowy niezależny szkielet strukturalny, stosujemy termin - polimerowo impregnowane betony polimerowe / skrót PIPC/.

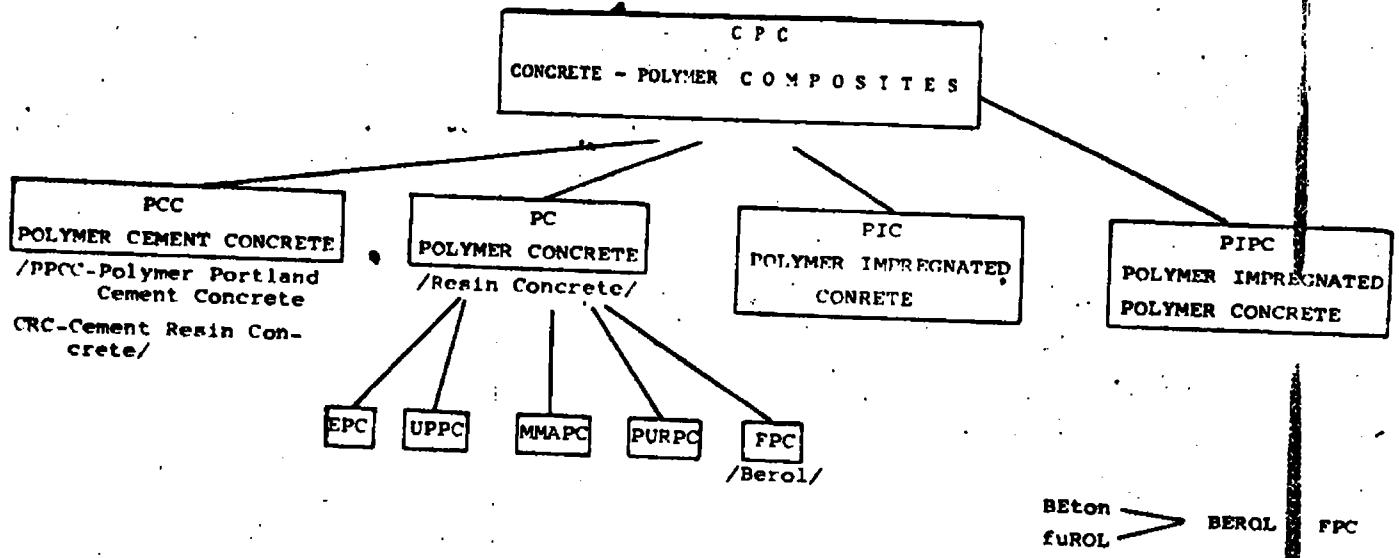


Fig. 1

W związku z mechaniką materiałową polimerobeton jest zespolonym systemem wielofazowym z wyraźnie odmiennymi własnościami mechanicznymi, co najmniej dwóch podstawowych faz stałych - spoiwo i wypełniacz. Dostyc ważną rolę w tych systemach może odegrać obecność fazy płynnej - ciekłej lub gazowej.

Każda właściwość tego materiału zespolonego jest funkcją /rys.2/:

- właściwości środka wiążącego i w mniejszym stopniu wypełniacza,
- objętości środka wiążącego w systemie,
- porowatości mieszaniny wypełniacza,
- wzajemnego mechanicznego oddziaływania pomiędzy spoiwem a wypełniaczem w zależności od warunków pochodzenia materiału / pierwotny stan naprężenia wewnętrznego systemu/,
- wzajemne mechaniczne oddziaływanie systemu z otoczeniem /stan wtórny naprężenia wewnętrznego systemu/.

Zakres zastosowań tych funkcji zależy od wielkości objętości obu faz /spoiwo i wypełniacz/ w objętości ogólnej ciał stałych /tj. sumy faz stałych/ w systemie. Obszar spoiwystych zespolonych materiałów w całym obszarze materiałów zespolonych, ograniczony z jednej strony przez spoiwo, a z drugiej - przez wypełniacz jest w ten sposób podzielony na trzy podstawowe typy.

Typem pierwszym jest wypełnione oraz wzmocnione spoiwo. W systemach tych wypełniacz - czy to ziarnisty, płytkowy, czy też włóknisty - jest segregowany / nie w bezpośrednim wymuszonym kontakcie/ w spoiwie /matryca/. System tego przedziału może być uznany jako zwarty.

Ostatni, trzeci typ, z drugiej strony, jest wypełniaczem wiążącym. Szkielet tych systemów składa się z wypełniacza skupionego / w bezpośrednim wymuszonym kontakcie/ spojonego razem jedynie przez przepusty spoiwa. Ponieważ spoiwo o wiele niewystarczająco wypełnia wszystkie pory wypełniacza wiążącego, każdy system tego typu cechuje się otwartą objętością wewnętrzną /rys.5/.

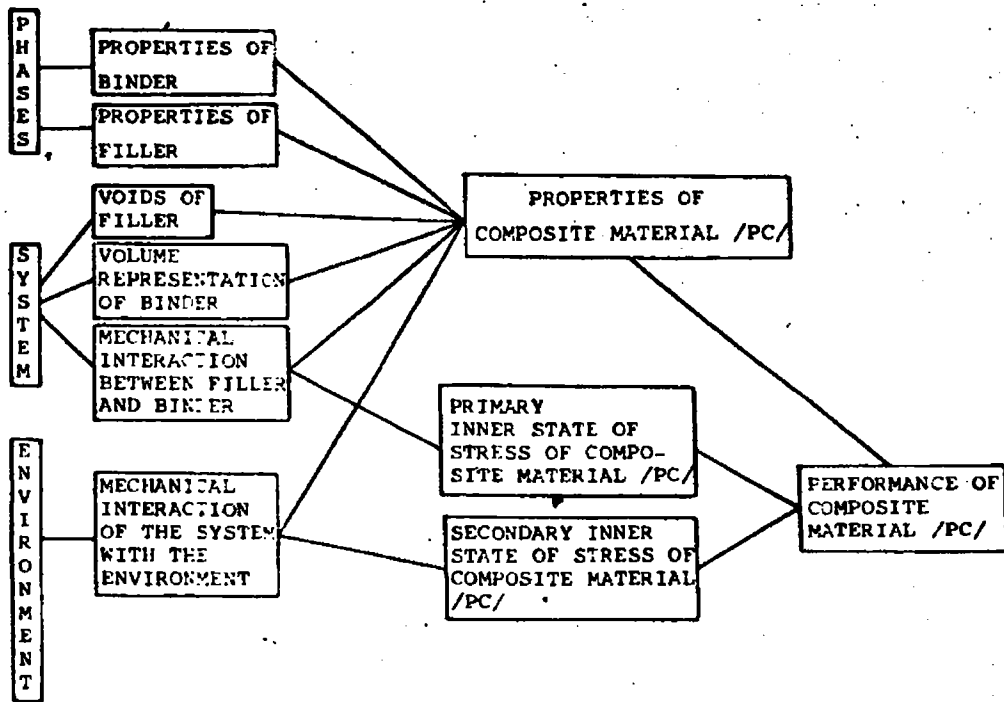
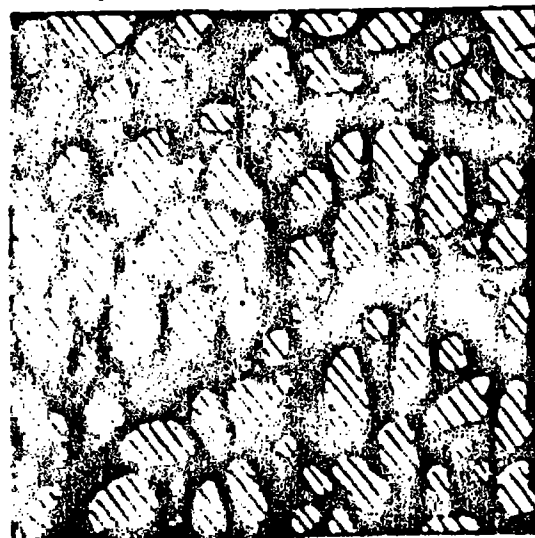


Fig. 2



filler

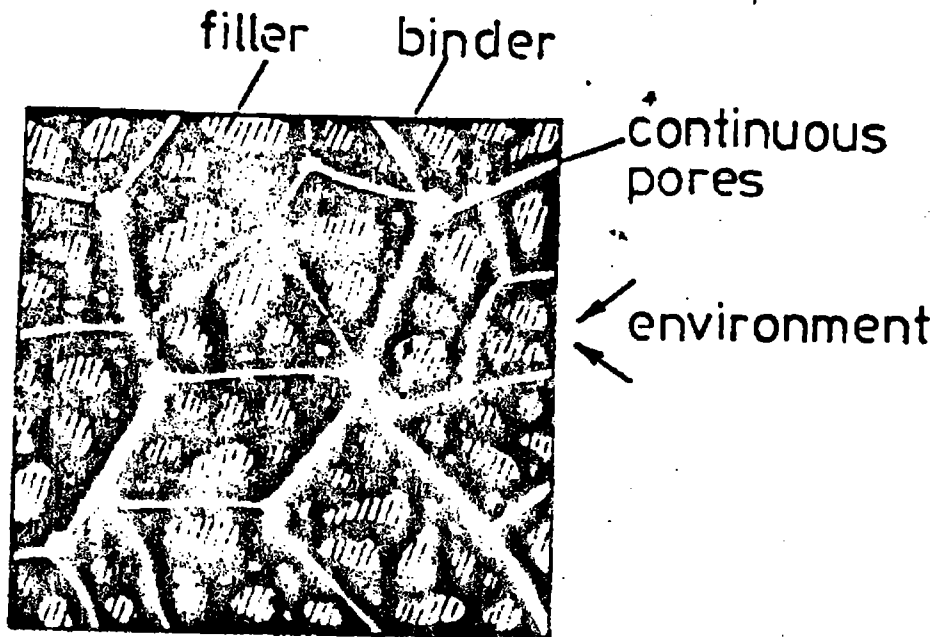
binder

binder

filler



discontinuous
pores



Jeśli porowatość ciągła w tych systemach jest wypełniana dodatkowo ze spoiwem /na przykład przez impregnację - rys.6/, otrzymujemy system bistrukturalny, którego właściwości są dużo lepsze niż systemu z tą samą ilością spoiwa, ale przygotowanego w jednym procesie.

Jeżeli spoiwa w systemie nie ma /zastąpione ośrodkiem otoczenia/, otrzymujemy materiał zespolony typu czwartego, który mniej jest spoiisty, np. sypki /rys.7/.

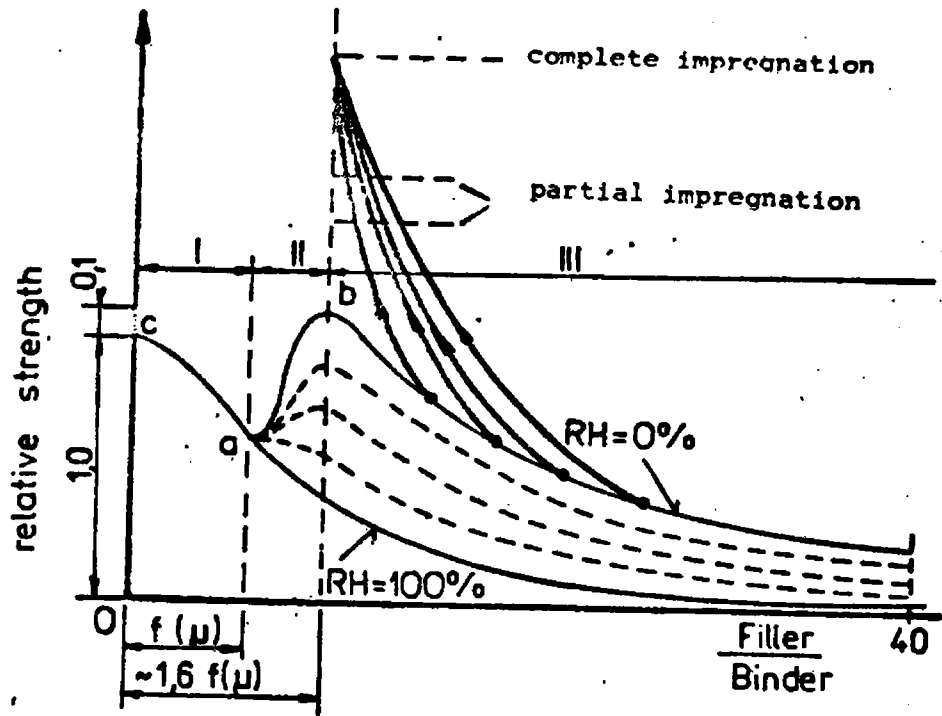
Typ drugi, pośredni, który jest najbardziej kompleksowy z punktu widzenia mechaniki, obejmuje system przejściowy. Systemy te cechuje się wiązującym wypełniaczem i zamkniętą objętością wewnętrzną porowatości /nieciągła/. Porowatość zmienia się od początku do końca tego przedziału - od zera do maksymalnie możliwej porowatości nieciągłej.

Wszystkie te systemy, przedmiotowo przedstawione według objętości poszczególnych faz za pomocą współrzędnych w trójkątnym wykresie /rys.9/, mają różniące się znacznie właściwości i cechy charakterystyczne zarówno w stanie świeżym, jak i w stanie skupienia. Zwykle praktyczne wymaganie do PC aby był nieprzepuszczalny /nieciągłe porowaty/, z tym jednak, że spośród dostępnych ziarnistych systemów jedynie te, które są włączone w gęsto zakresowaną część wykresu mają jakiegokolwiek znaczenie, tj. te, które są w obrębie granicy porowatości i porowatości ciągłej a także granicy porowatości wypełniacza.

Wtedy, kiedy określenie systemów na osiach "czyste spoiwo - czysty wypełniacz" jest graficznie przedstawione, możemy dostrzec znaczne różnice zachowania się poszczególnych typów /rys.10/. Ponadto możliwe jest, za pomocą podstawowych własności mechanicznych /10 c,d,e,f/ zilustrować oddziaływanie fazy płynnej w systemie. Wpływ wilgotności na system, szczególnie przedziału trzeciego, jest tak wyraźny, że wymaga /analogicznie z parametrem termiczno-fizycznym - rys.10 g/ wprowadzenia parametru wilgotnościowo-fizycznego /rys.10 h/.

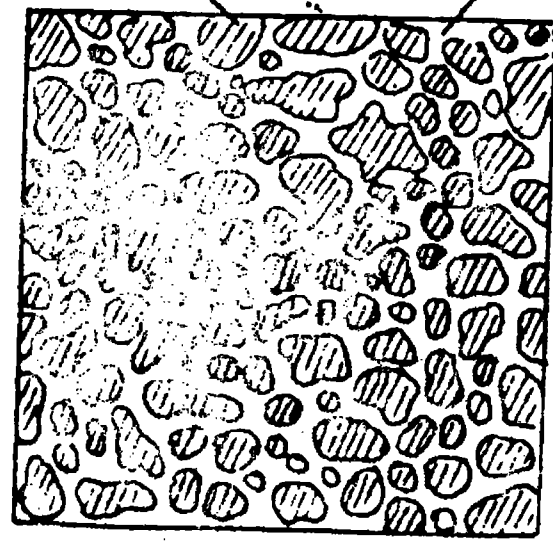
filler binder(1st structure of matrix)
continuous pores
post-filled by binder
(2nd structure of matrix)



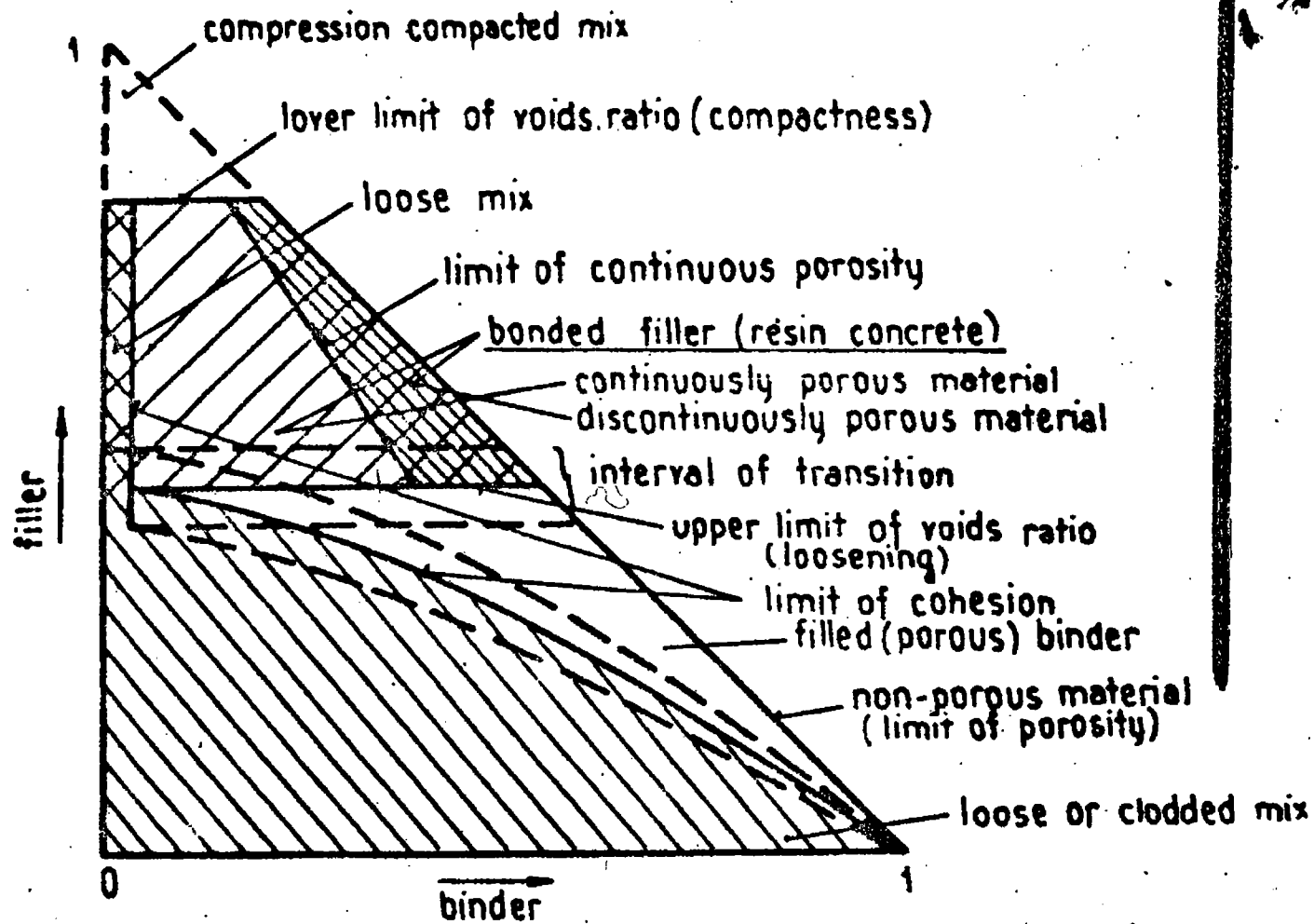


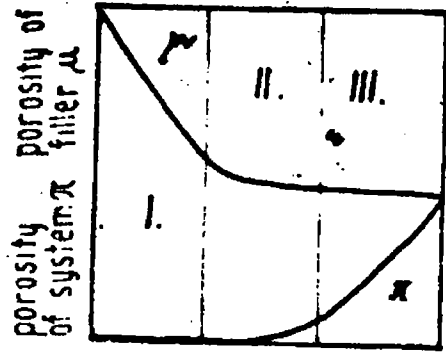
filler

voids

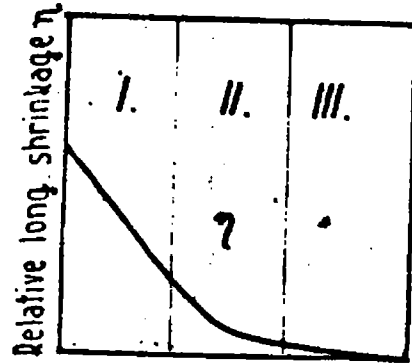


environment

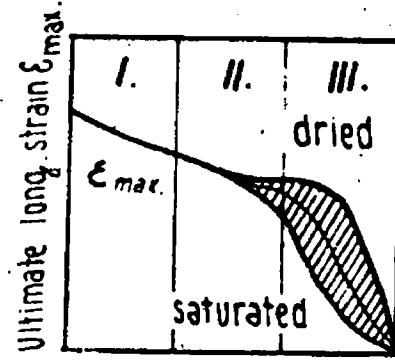




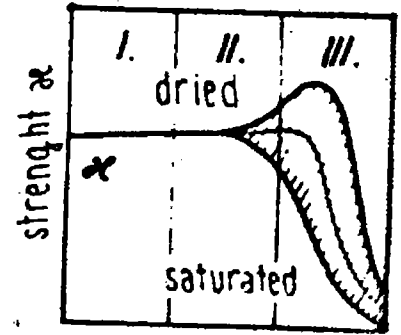
A



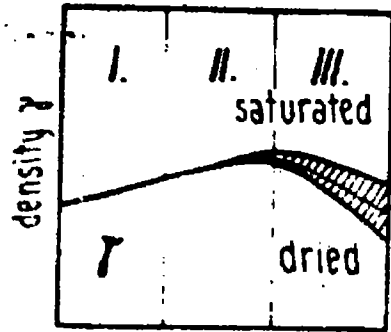
B



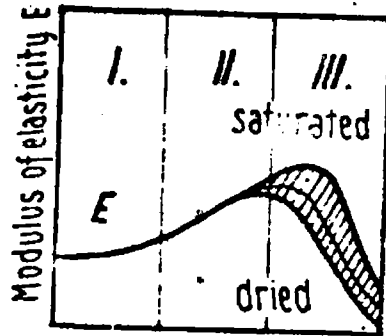
E



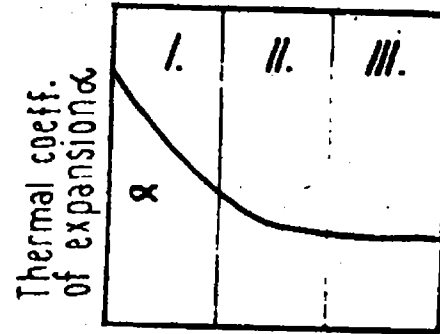
F



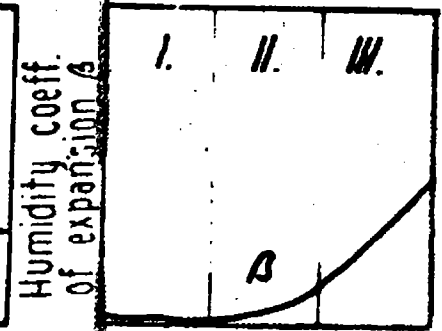
C



D



G



H

- szczegółowo twardość, wiązkość, moduł sprężystości, odporność na ścieranie, izolacyjną pojemność cieplną, odporność chemiczną i inne właściwości betonu polimerowego,
- w objętości mikrowypełniacza może być zastosowany kwarcowy popiół lotny, mączka kamienna, mikroszbest perlitowy niespalony, grafit, proszek koksowy i podobne materiały, oprócz zmniejszenia ogólnej porowatości wypełniacza, każdy mikrowypełniacz dostarcza dalszych specyficznych właściwości,
 - rozmiar cząstki mikrowypełniacza powinien być równy lub mniejszy od grubości warstwy spoiwa, otaczającej cząstki wypełniacza podstawowego /rys.13/, przestrzeganie tej reguły zapewnia najbardziej efektywne zagęszczenie systemu, maksymalne zmniejszenie niezbędnej ilości wymaganego spoiwa i najlepszą obrabialność mieszanki. Ponieważ jednak skutki określenia grubości otoczek cząsteczki nie są jeszcze wyjaśnione / i zależą od wielu czynników dotyczących zarówno spoiwa jak i wypełniacza/ - poleca się wybrać maksymalną średnicę cząstki mikrowypełniacza w granicach 10 - 50 mikronów, inaczej bowiem mikrowypełniacz jako składnik spoiwa /składnik główny/ traci swe znaczenie i może nawet działać jako czynnik rozluźniający.

Spoiwo

Podstawowym czynnikiem zapewniającym otrzymanie materiału wynikowego z jego cechami charakterystycznymi, jest oczywiście typ i odmiana spoiwa, która oddziałuje także na obrabialność i w konsekwencji określa minimalną jego ilość, wymaganą przez system. Prawidłowy wybór spoiwa jest podyktowany przyszłą eksploatacją PC, tj. przez wymagania narzucone na jego różne właściwości fizyczne /przyleganie do wypełniacza, releksacja, odporność chemiczna, odporność na promieniowanie nadfioletowe itp./.

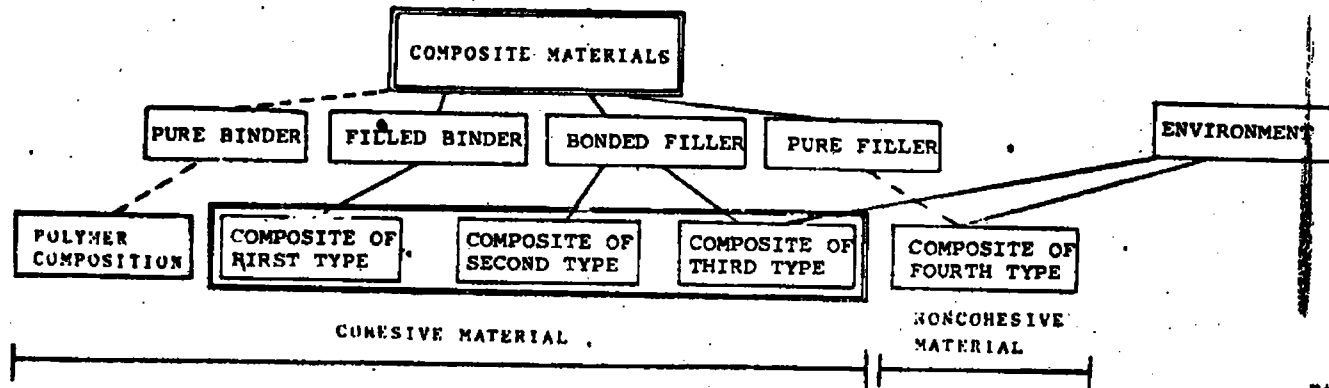


Fig. 3

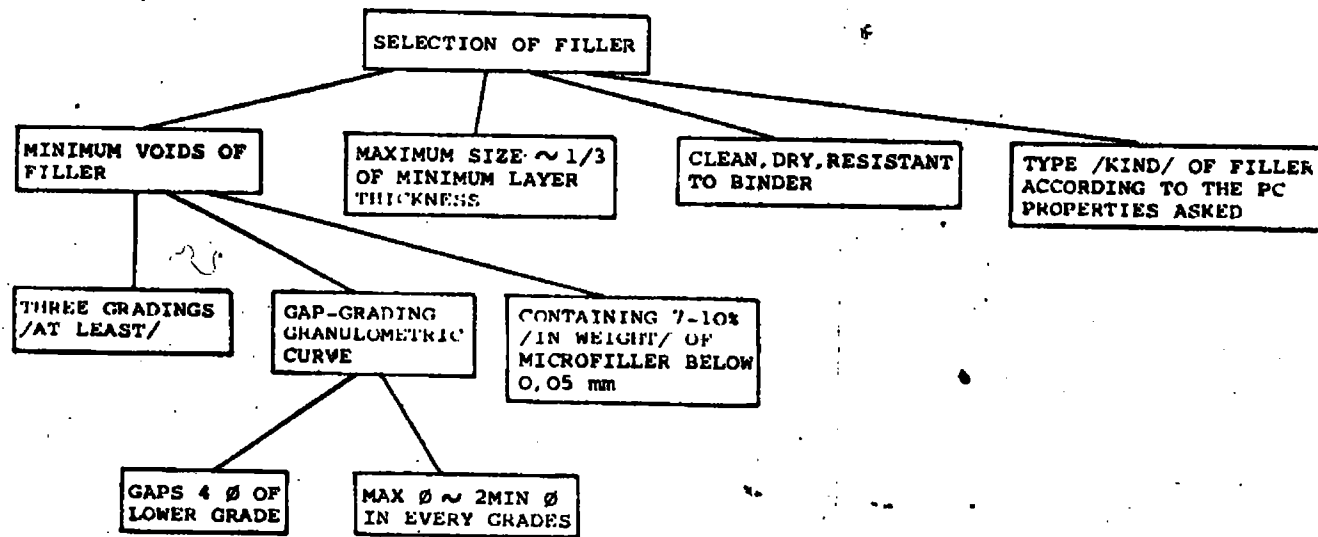


Fig. 12

Podobnie możliwe jest dostrzeżenie, na wszystkich wykresach, wpływu budowy wtórnej struktury matrycy w konsekwencji impregnacji spoiwa systemu 3-go typu z porowatością ciągłą, jak pokazano np. na wytrzymałość, na rys.11.

Zasady techniki PC

Wypełniacz

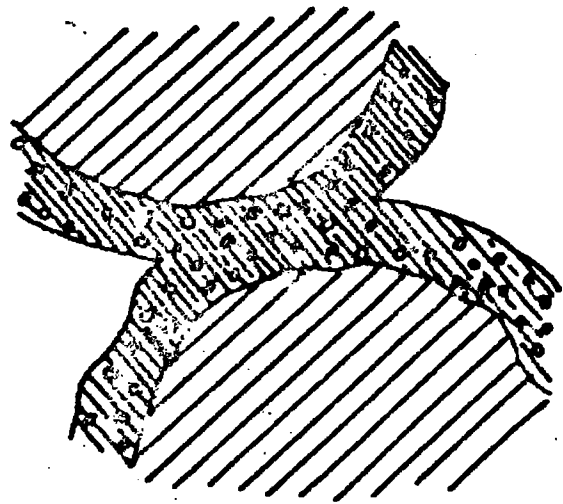
Jednym z głównych czynników wywierających wpływ na ilość wyreganego spoiwa a w rezultacie wszystkich wynikających właściwości, jest prawidłowy wybór wypełniacza /rys.12/.

Zasady tego wyboru obejmują:

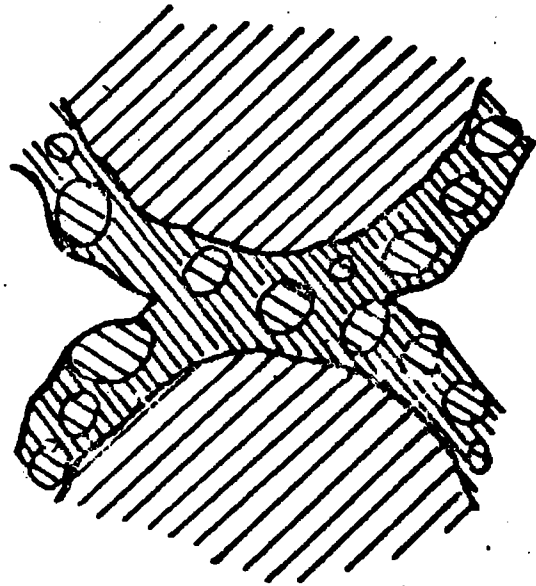
- wypełniacz musi obejmować / co najmniej / trzy sortowania, obejm. mikrowypełniacz wg tzw. dyskretnej krzywej granulometrycznej /sortowanie szczelinowe/, tak aby zapewnić minimum porowatości /objętość międzyziarnowa/,
- szczeliny pomiędzy poszczególnymi sortowaniami muszą być co najmniej cztery razy większe od średnicy cząstki stopnia niższego,
- rozpiętość każdego stopnia powinna być w granicach

$$s_{maks} = 2 - 5,5 s_{min.}$$

- maksymalny rozmiar cząsteczki wypełniacza powinien być /maksymalnie/ równy jednej trzeciej minimalnej grubości zast.warstwy,
- wypełniacz musi obejmować 7 - 10% mikrowypełniacza z cząstkami poniżej 0,05 mm,
- wypełniacz musi być czysty, suchy /zawartość wilgoci wypełniacza nie powinna przekraczać 0,2% jego wagi i odporny na działanie składników spoiwa,
- jako wypełniacz może być stosowane kruszywo rzeczne lub sztuczne /obej. kruszywo spulchnione/, typ wypełniacza określa



a)



b)

Przy wyborze niektórych aktywnych żywic jako spoiwa do PC musi być oczywiście uwzględnionych wiele innych aspektów, a w szczególności: typ macierzystego surowca, zasoby surowce, złożoność produkcji, wymagania energetyczne, budowa chemiczna łańcucha głównego, typ utwardzania, podstawowe właściwości techniczne, zachowanie się pod wpływem ciepła i obecna jak również przyszła cena /rys.14/.

Najważniejszym kryterium jest typ utwardzania. Dla praktyk technicznych w budownictwie najbardziej efektywne są polimery utwardzane w normalnym ciśnieniu i normalnej lub nieco podwyższonej temperaturze, zupełnie niewrażliwe na wilgotność otoczenia.

Innym ważnym kryterium jest lepkość zastosowanego monomeru, z uwzględnieniem dostępnej techniki mieszania i przerobu. Rzadko da się otrzymać, bez trudności, materiały o dostatecznej konsystencji /nieprzepuszczalne i odporne chemicznie/ przy zastosowaniu środków wiążących, których lepkość przekracza 40 Pa s.

Biorąc pod uwagę wszystkie wspomniane kryteria, jak pokazano na rys.14, wybór odpowiedniej żywicy na spoiwo jest obecnie zredukowany do typów przedstawionych na rys.15.

Uważa się, że:

- na podstawie jego lepkości musi być wybrany sprzęt mieszalny, jak również sprzęt do obróbki umieszczonego materiału /zgodnie z typem żywicy albo mikrowibracja, nagrzewanie, albo kombinacja obu metod itp./,
- rozpuszczalniki mogą być stosowane jedynie w wyjątkowych przypadkach i tylko takie rozpuszczalniki które stanowią integralną częścią głównego składnika wynikowego,
- w celu dozowania, poszczególne składniki spoiwa muszą być tak przygotowane, aby zapewnić, że ich ilość przekroczy 5% całości wagi spoiwa, w przeciwnym przypadku w istniejącej praktyce nie jest możliwe utrzymanie niezbędnej jednorodności spoiwa.

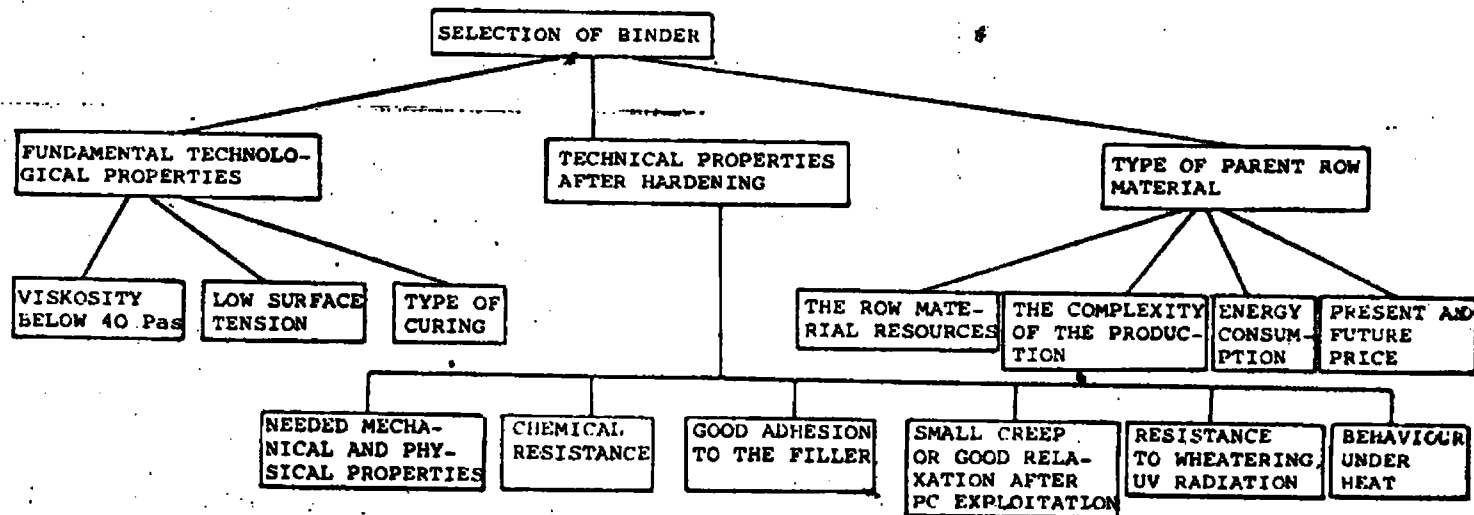


Fig. 14

RESIN	ABBR.	TYPE OF CURING	VISCOSITY /Pa s/
Unsaturated polyester	UP	Polymerization	0.1 - 10
metacrylate	MMA		0.002-0,15
epoxy	E		2 - 40
polyurethane	PUR	Polyaddition	0,1 - 10
epoxyasphalt	EA		20 - 40
furylalkohol	FOL		
furylalkohol/ furylaldehyd	FOL-FAL	Polycondensation	0.002 - 30
furylaceton	FA		

Fig. 15

- dozowanie poszczególnych składników spoiwa musi zapewnić trwałość mieszanki przez co najmniej 30 minut, utwardzanie powinno przebiegać wolno, szczególnie w pierwszej fazie.

Technika i właściwości betonu polimerowo-furanowego

Oprócz betonów epoksydowych oraz poliestrowo-polimerowych, które są szeroko stosowane na przykład w USA i były ostatnio uzupełniane przez betony metakrylowe i poliuretanowe - uwaga Czechosłowacji od 1959 r została również skierowana w kierunku betonów polimerowych z furanowym środkiem wiążącym /zwłaszcza kopolikondensat furfurylowo-furfulanowy/.

Furfurol jest otrzymywany przez hydrolizę materiałów, zawierających pentozany / odpady drzewne, odpady rolnicze/, furole są produktem uwodornienia furfurolu. Przyczyną zastosowania żywicy furanowej była ich wysoka odporność chemiczna i trwałość, a przede wszystkim fakt, że zasoby materiałów macierzystych do produkcji żywicy, a mianowicie odpady drzewne i rolnicze, są bardzo tanie i ciągle odtwarzane przez proces naturalny.

Optymalne właściwości PC furanu /podobnie jak PC z różnymi spoiwami/ są otrzymywane przez mieszanie wypełniacza ze spoiwem w stosunku 1:7 do 1:12 ciężaru /stosownie do rozmiaru cząstki wypełniacza, jego wskaźnika porowatości i cech jego powierzchni, intensywności obróbki itp./.

Wypełniacz jest naprzód mieszany z katalizatorem pyłowym /katalizator nośnika obojętnego/ odczynu kwaśnego, następnie dodawany jest furfurol lub częściowa wstępna kondensacja tego monomeru w mieszance z furfurałem jako rozcieńczaczem kopolikondensacyjnym i przyspieszaczem. Nieznacznie podwyższona temperatura /35-40°C/ przez okres 3 dni zapewnia całkowite utwardzenie, po trzech jednakże godzinach utrzymywanie się tej temperatury otrzymuje się więcej niż 50% wartości końcowych, a dalsze twardnienie kontynuowane jest w normalnej temperaturze z nieznacznym jedynie opóźnieniem.

Zewnętrznym objawem polikondensacji jest zmiana barwy z jasnobrązowej na czarną. PC furan nie może być przygotowany w żadnym innym kolorze.

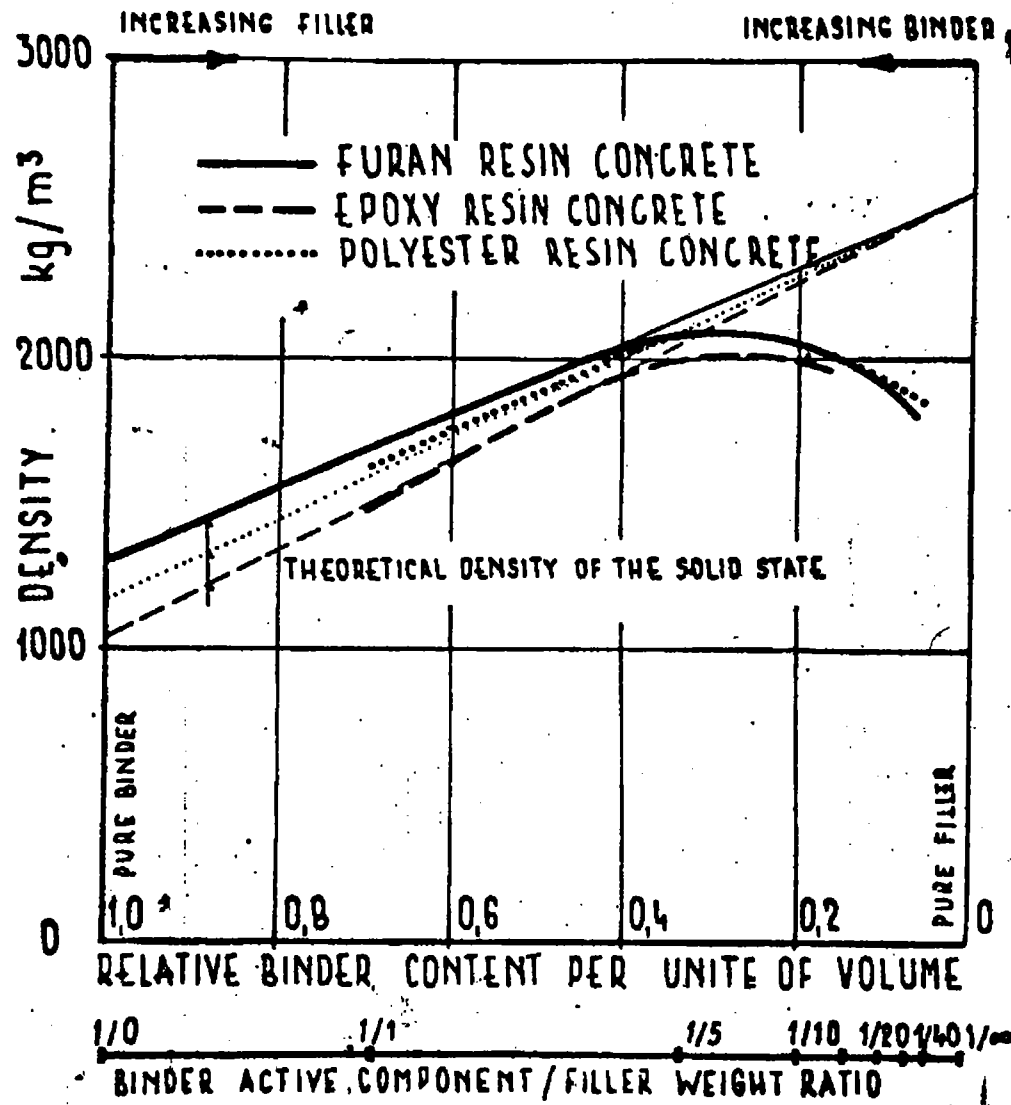
Zmiana gęstości betonu furano-polimerowego zgodnie z jego składem w porównaniu z żywicą epoksydową i betonami żywico-poliestrowymi, jest zilustrowana na rys.16. Maksymalna względna gęstość wszystkich betonów polimerowych jest osiągana wtedy, gdy spoiwo odpowiada w przybliżeniu 0,3 objętości części stałych. Poniżej tego maksimum porowatość zaczyna gwałtownie wzrastać /zobacz rys.17/.

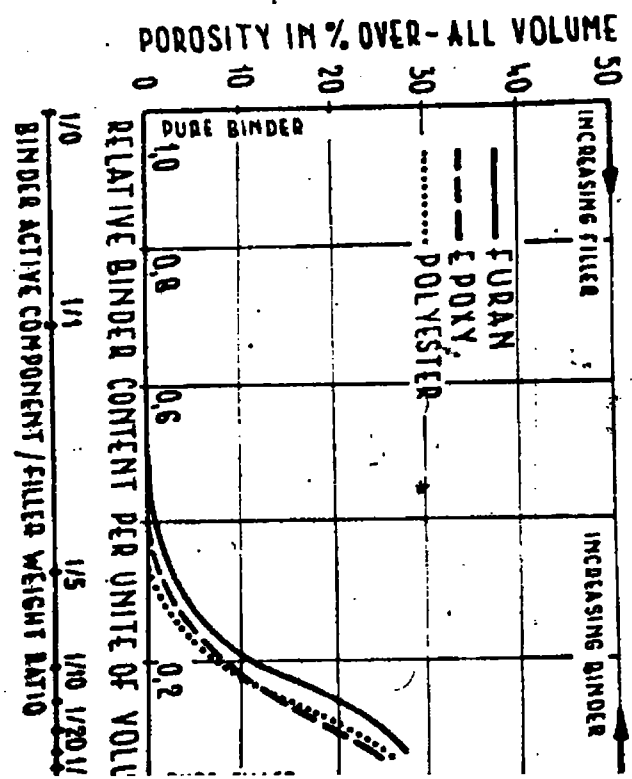
Zmiana wytrzymałości występująca wraz ze zmianami spoiwa: stosunek wypełniacza pokazany jest na rys.18. Dla objętości spoiwa rzędu 0,2 objętości części stałych / która odpowiada w przybliżeniu spoiwu: stosunek wypełniacza 1:10 wagi/ wytrzymałości wszystkich trzech porównanych PC są identyczne.

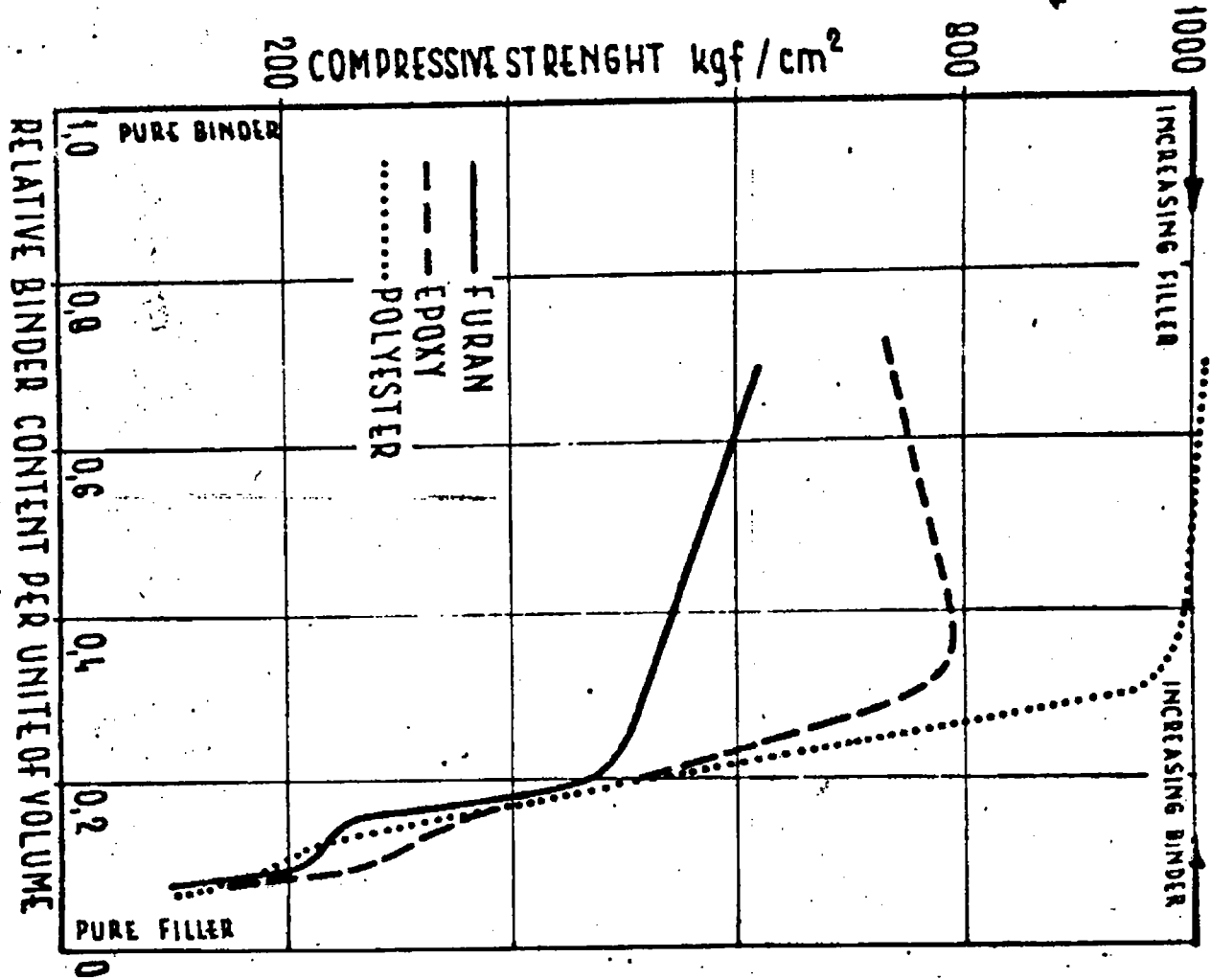
Zmiana modułu sprężystości, odpowiadająca zmianie objętości spoiwa, jest zilustrowana na rys.19, podczas gdy rys.20 ilustruje porównanie współczynników wzrostu temperatury. Rys. 21 przedstawia zmiany liniowego kurczenia się podczas utwardzenia dla różnych mieszanek.

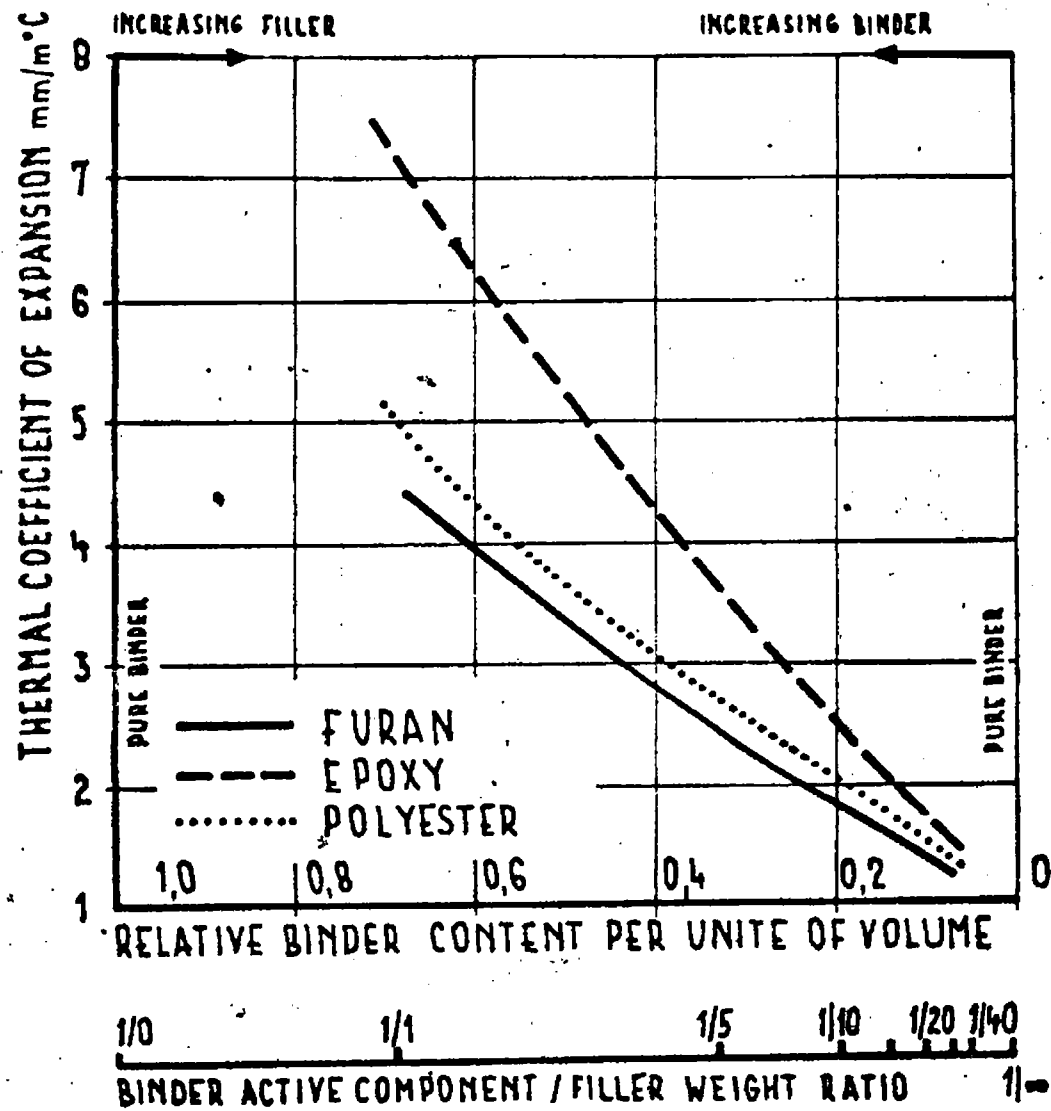
W długoterminowym zastosowaniu budowlanym niewielkie pełzanie i długookresowe natężenie mają podstawowe znaczenie. Rys. 22 przedstawia zmiany wytrzymałości zginania i rozciągania, w związku z długością okresu zastosowania obciążenia: wytrzymałość długoterminowa nie przekracza 50% krótkoterminowej /krzywa "po"/. W tym samym czasie nie występuje samistne starzenie się. Pełzanie jest jednak zredukowane do możliwej do przyjęcia wielkości jedynie dla naprężeń poniżej 30% wytrzymałości krótkoterminowej.

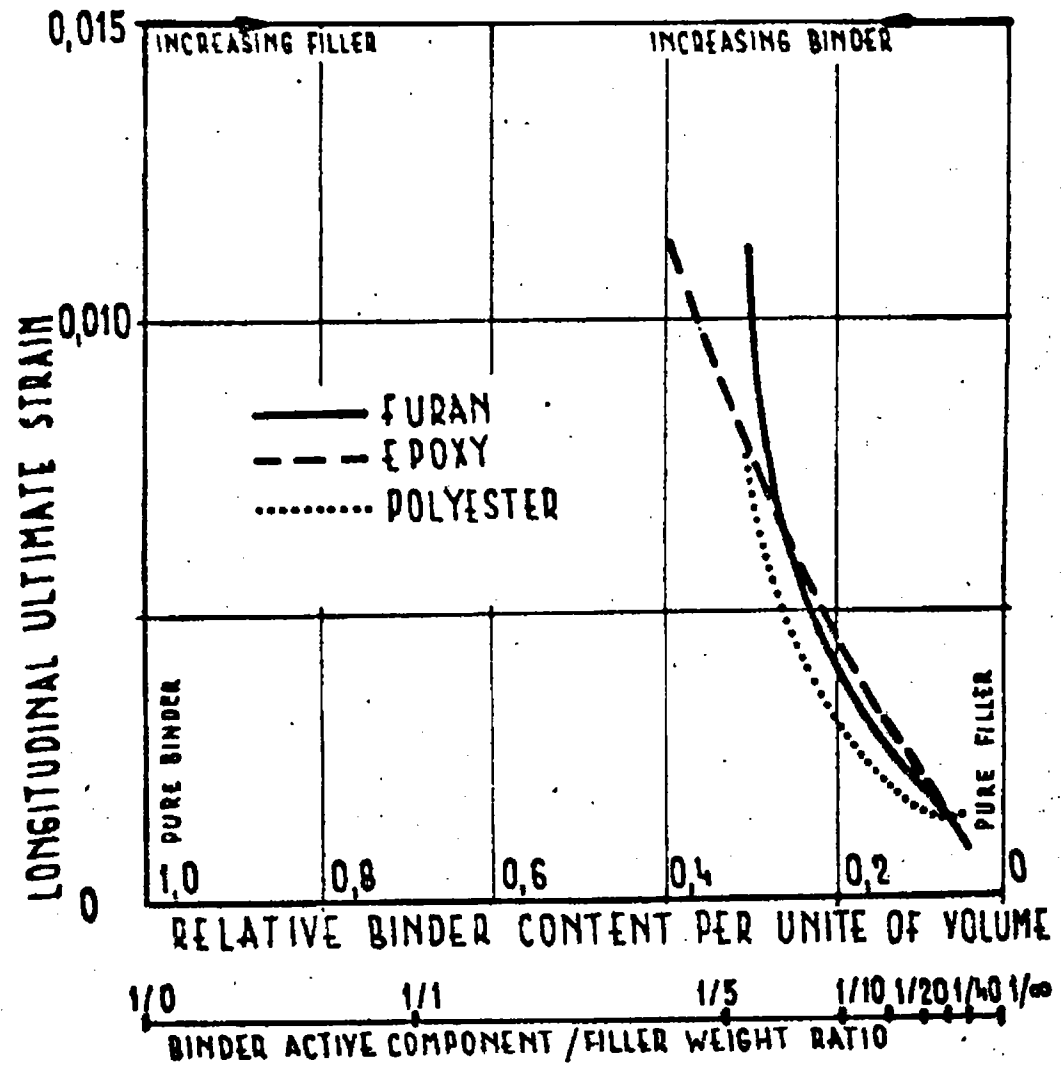
W zastosowaniu budowlanym ważne są także: kształt krzywej wykresu rozciągania, wartość współczynnika Poissona i wartość odkształcenia kręcowego. Porównanie tych wykresów roboczych i współczynników Poissona trzech PC /betony polimerowe/ różnych mieszanek jest przedstawione na rys. 23 - 25.

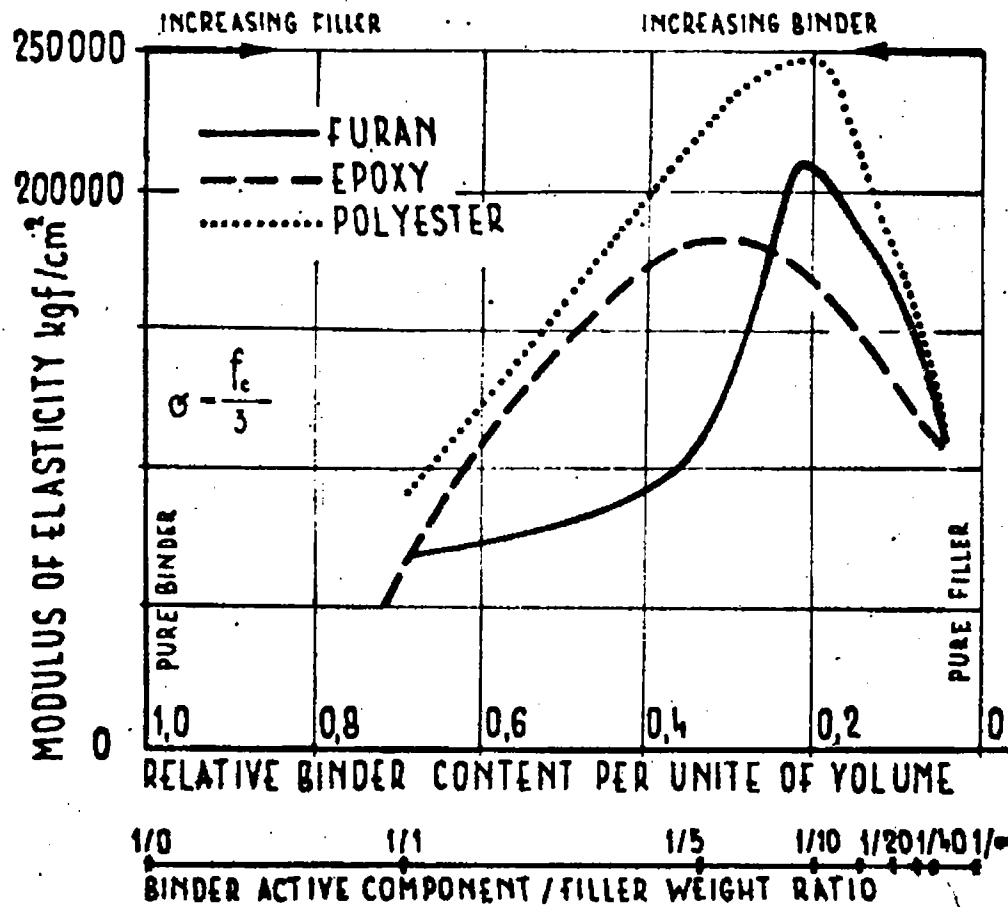


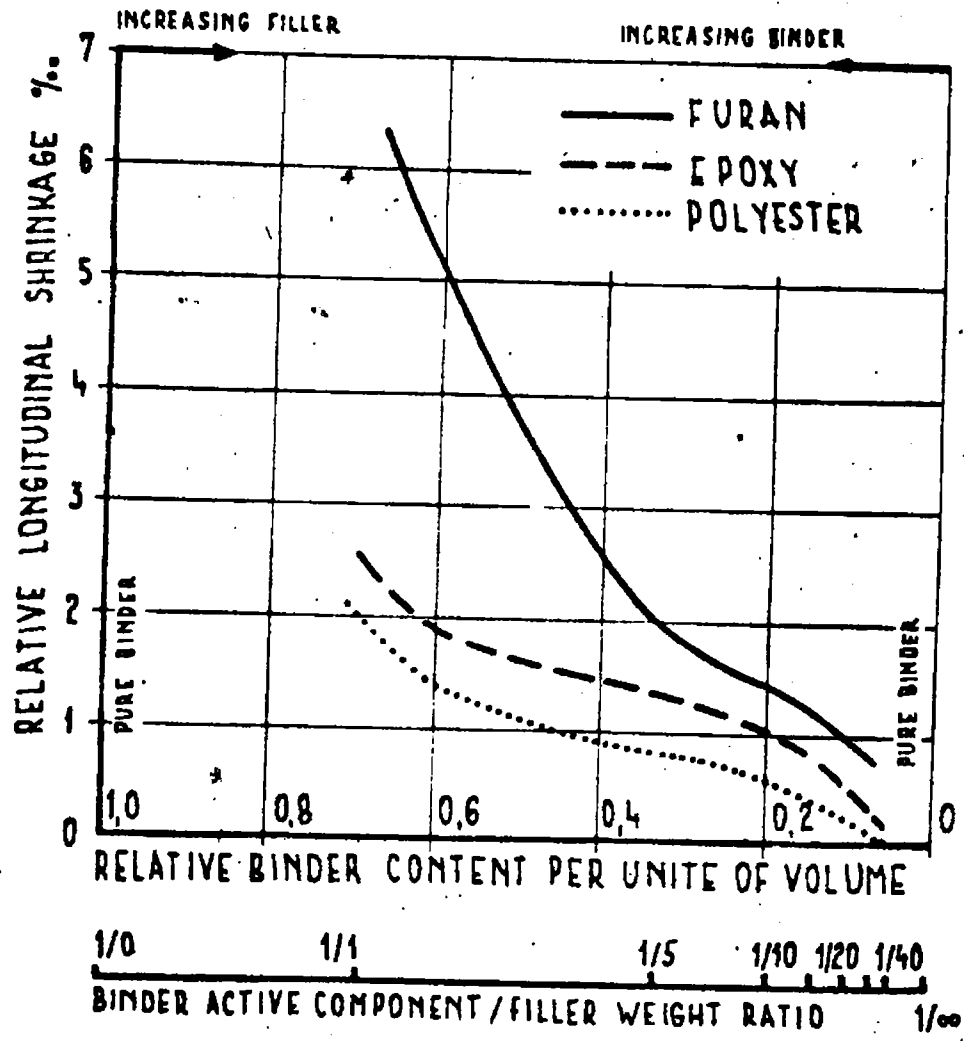












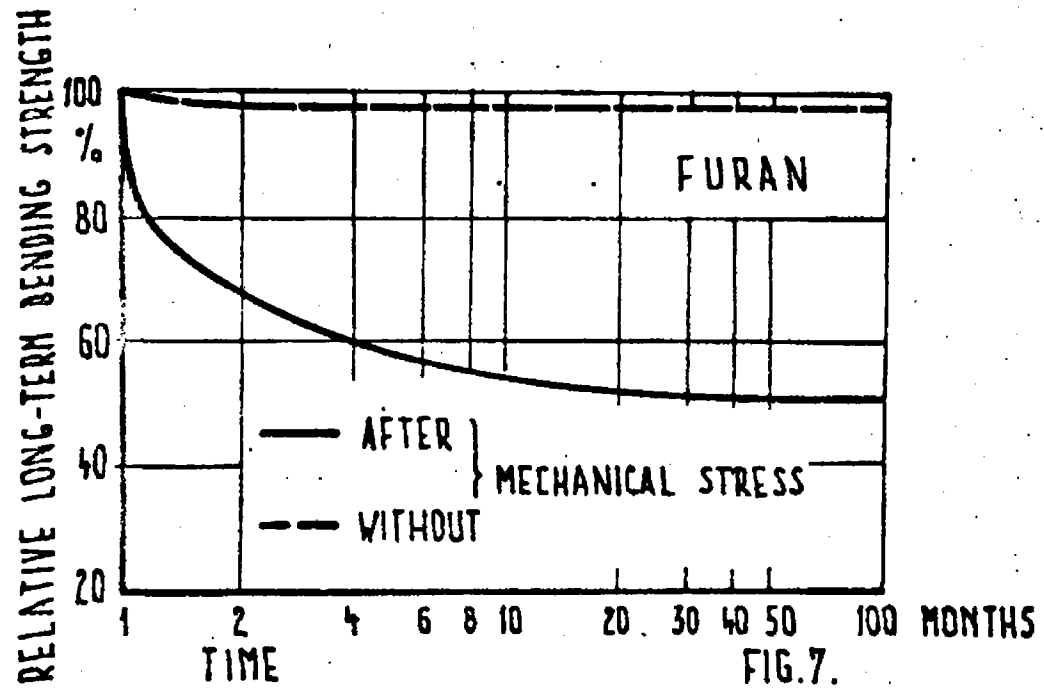
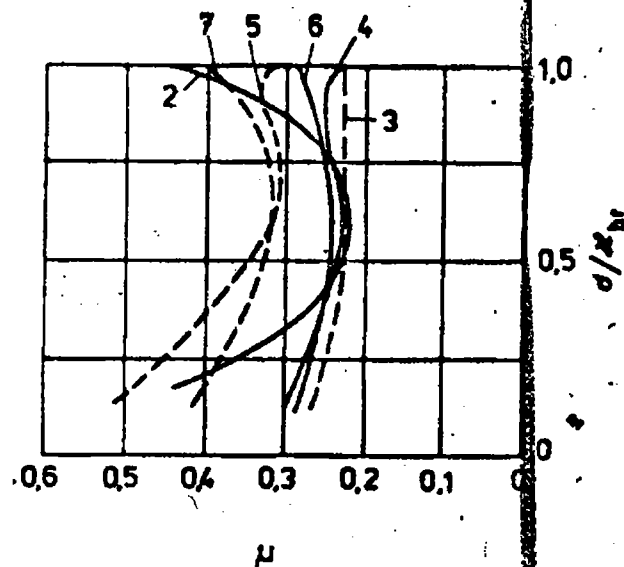
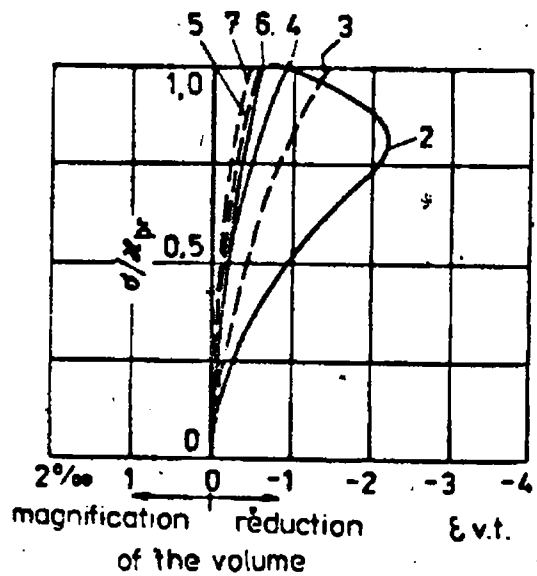
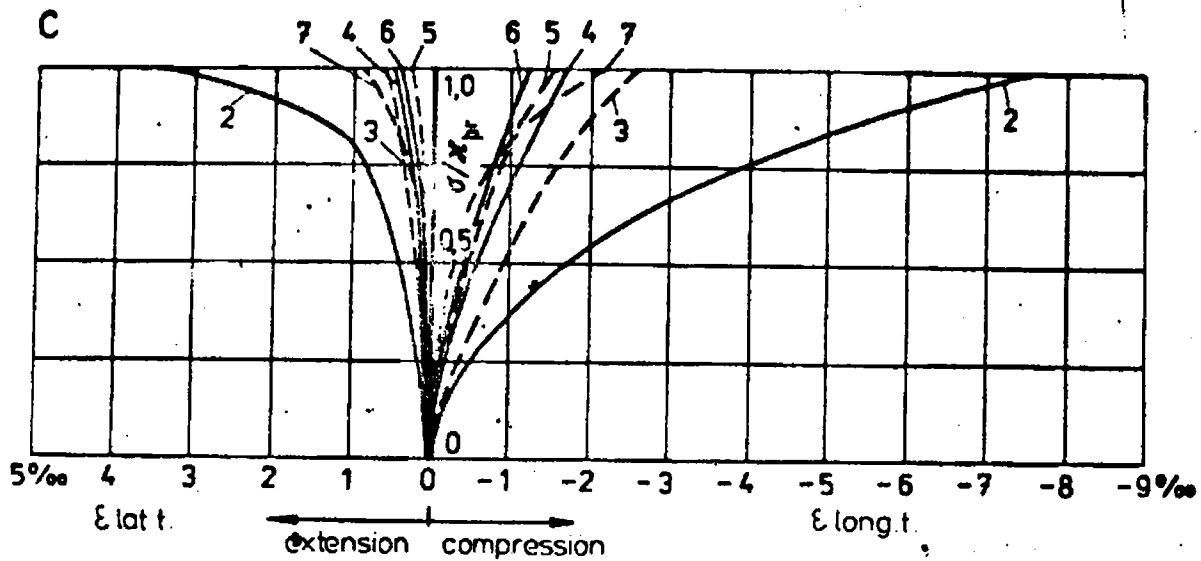


FIG. 7.



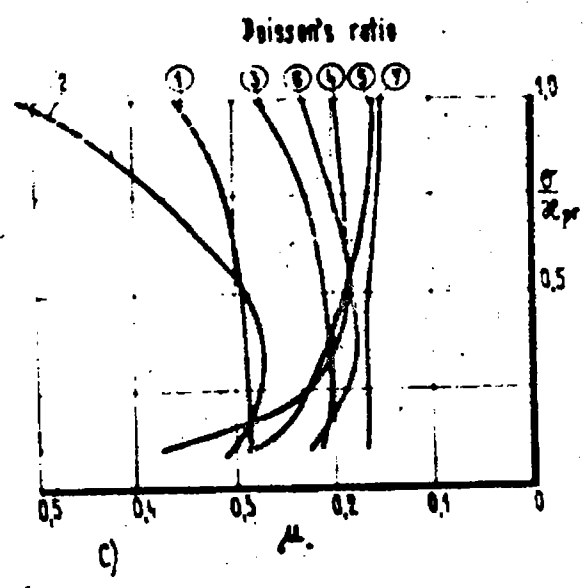
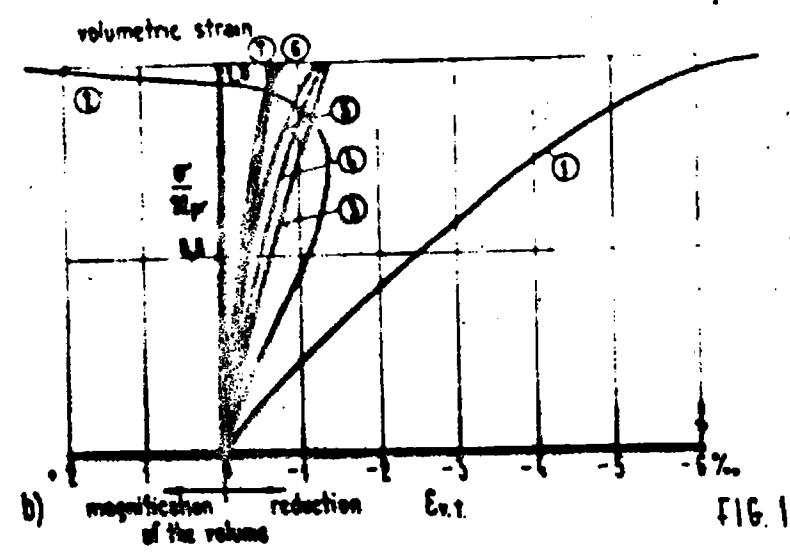
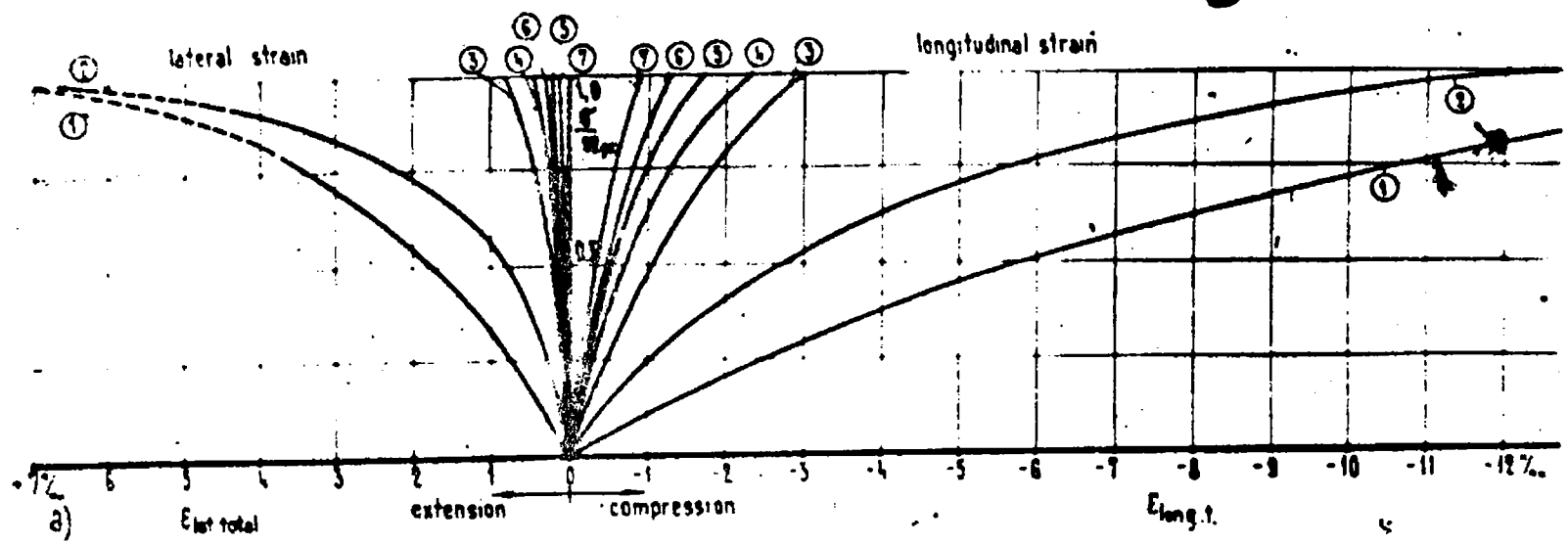
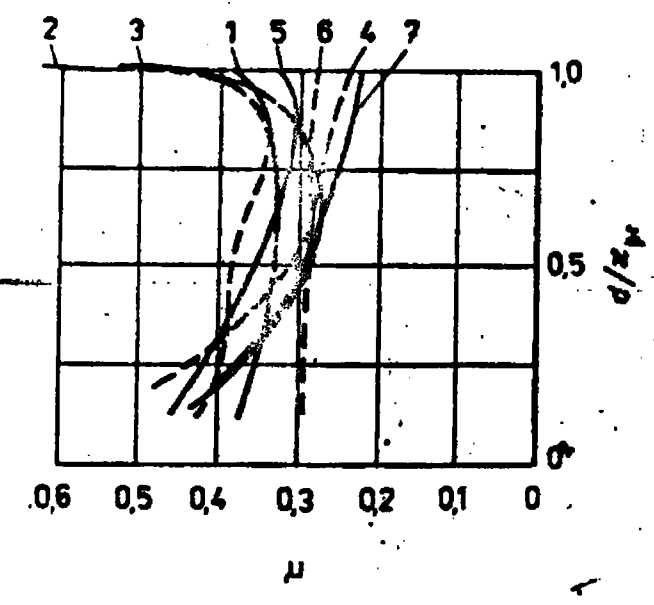
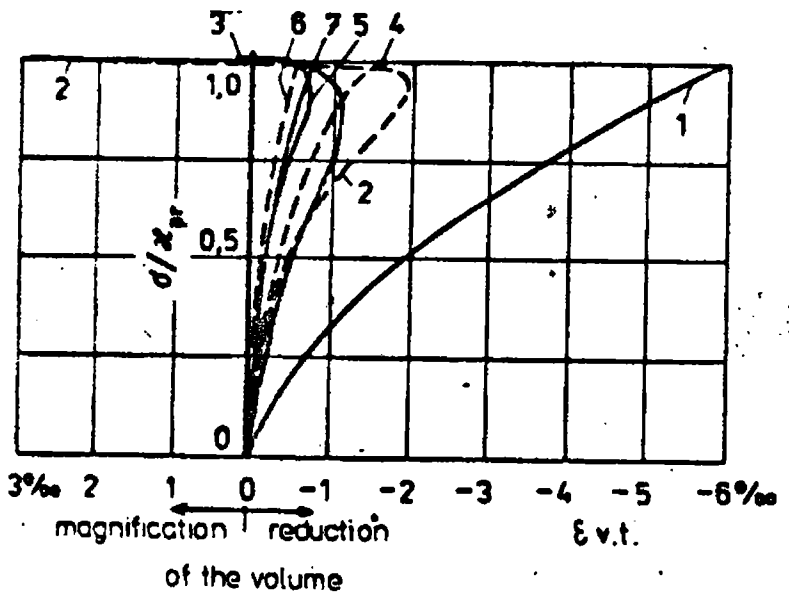
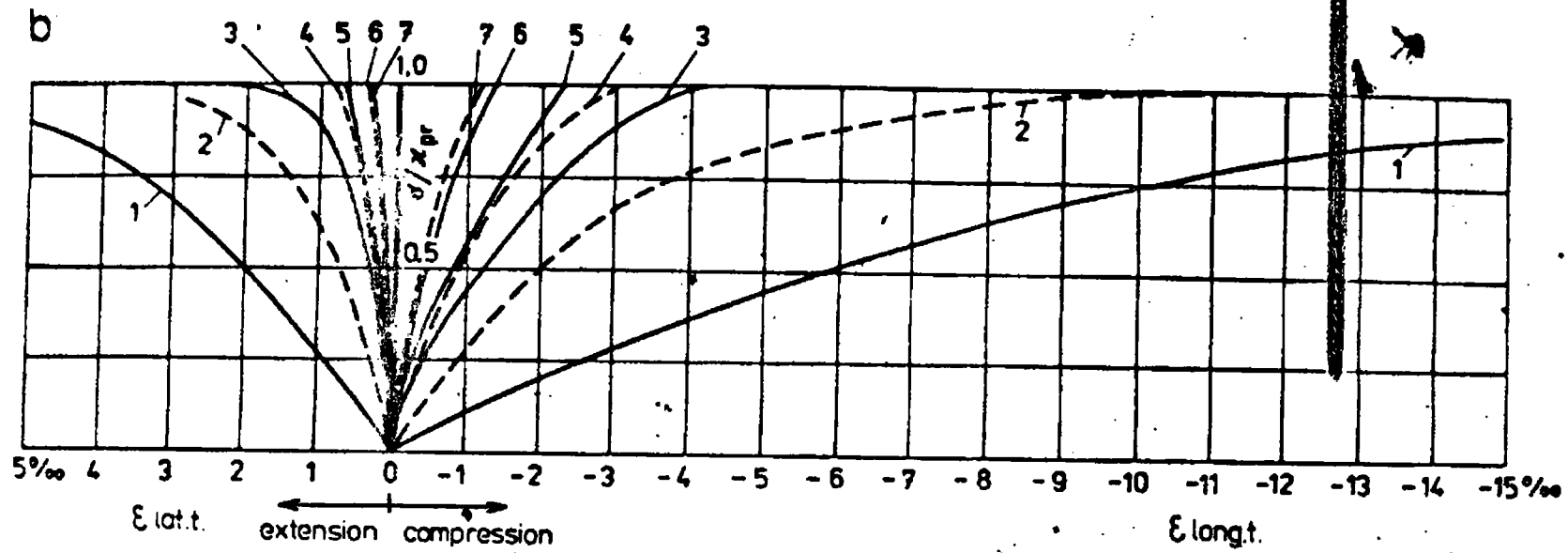


FIG. 1



Rys. 26 ilustruje zmiany odkształcenia krańcowego, spowodowane zmianami spoiwa: dawka wypełniacza w takiej samej skali, jak w poprzednich rysunkach.

Oddziaływanie temperatury na wytrzymałość graniastosłupa dla różnych składów mieszanek / różne spoiwo: współczynniki wypełniacza / jest przedstawione na rys.27.

Przyleganie betonu polimero-furanowego do betonu cementowego /lub odwrotnie / jest mniejsze niż w przypadku żywicy epoksydowej lub betonu poliestrowo-żywicowego i osiąga maksymalnie 0,5 MPa w rozciąganiu. Może ono jednak znacznie wzrosnąć poprzez prostą obróbkę powierzchni stykowych / szorstkowanie, naniesienie na świeżą powierzchnię piasku lub żwirku kamiennego, pokrycie przed stwardnieniem żywicą epoksydową itp./, wytrzymałość spoiny rzędu 1-2,5 MPa może być zapewniona bez żadnego problemu.

Beton polimero-furanowy posiada dobrą odporność na silne kwasy i ługi / o ile nie mają one wpływu utleniającego/, karboksyhydrat alifatyczny i wiele innych środków, jego uniwersalność pod tym względem sprawia, że przewyższa on wszystkie inne betony polimero-we poddane badaniom.

Praktyczne zastosowanie betonu polimero-furanowego

Odpowiednie właściwości mechaniczne, wysoka odporność chemiczna i trwałość, relatywnie niska cena - z góry określają dziedziny zastosowania betonu polimero-furanowego: przewody rurowe dla cieczy agresywnych, zabezpieczenie cystern, zbiorników i innych konstrukcji wystawionych na oddziaływanie chemiczne itp. Niektóre zastosowania wprowadzone w Czechosłowacji są opisane dalej.

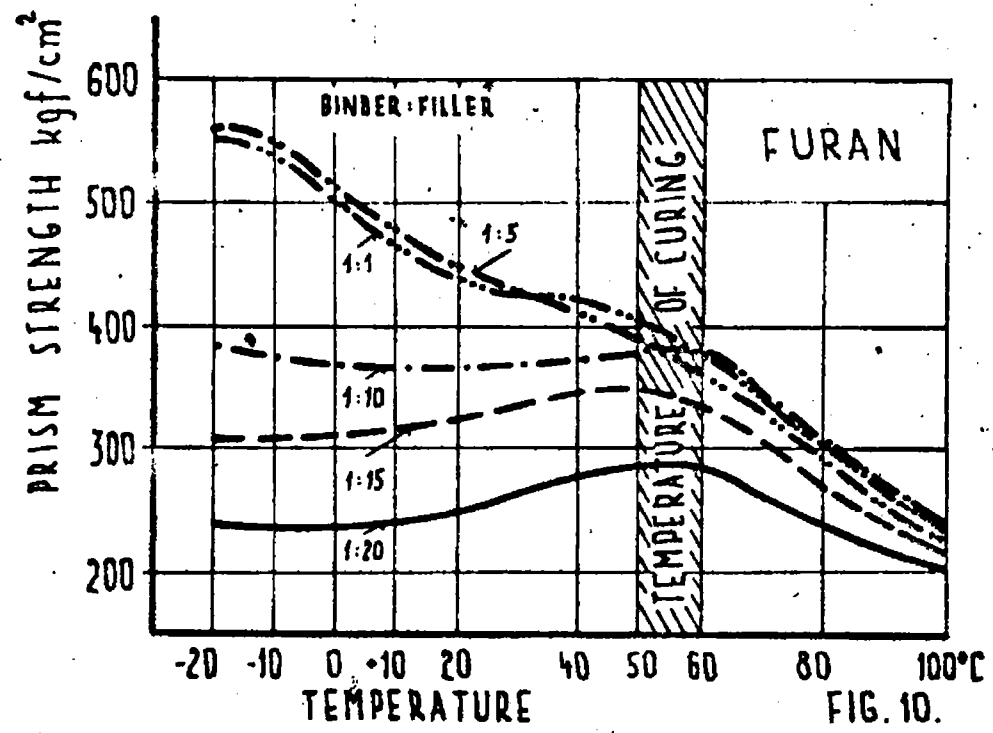


FIG. 10.

Rury PC / rdzenie rurowe/

W latach 1963 - 1964 rury PC o średnicy 135 cm, ze ścianami o grubości 4 cm, były stosowane do odprowadzenia silnie agresywnych / na przemian kwasowych i alkalicznych/ ścieków z dużego chemicznego zakładu przemysłowego obok tradycyjnego betonowego kanału ściekowego, zabezpieczonego kilkoma warstwami folii z tworzyw sztucznych i wyłożeniem z muru kwasoodpornego. Rury te wykonane z betonu polimero-furanowego były produkowane w położeniu pionowym w podwójnej formie zaopatrzonej w skuteczne wibratory. Długość rur wynosiła 300 cm /rys.28/. Rury były transportowane na zagospodarowany teren, umieszczane na koronie fundamentów i obłożone betonem. W operacji tej służyły one jako samonośne wewnętrzne szalowanie dla świeżej mieszanki betonowej /rys.28/. Następnie połączenia zostały ^{zaprawą} furanowo-żywiczną / od strony wewnętrznej po utwardzenie betonu/.

Rdzeń z betonu polimero-furanowego stanowi niezawodne i trwałe zabezpieczenie przed wpływem agresywnych ścieków, Przeglądy tego kanału ściekowego, w którym konwencjonalne i nowoczesne części służyły temu samemu celowi - umieszczone obok siebie w tych samych warunkach - wykonane zostały po dwóch, pięciu, dziesięciu i dwudziestu latach działania. Część wykonana z betonu polimero-furanowego nie wykazała, jak dotąd, żadnych wad, podczas gdy część wyłożona cegłą została nieznacznie uszkodzona po dwóch latach eksploatacji, a całkowicie zawiadła po dziesięciu latach / wymagała pełnej odbudowy/.

Rury betonowe z wewnętrznym wyłożeniem PC

W innej części tego samego kanału ściekowego w różny sposób został zastosowany beton polimero-furanowy. Rury betonowe produkowane przez wyoblanie za pomocą systemu TURECO, zostały dostarczone z 2 - 3 cm wewnętrznym wyłożeniem wykonanym z betonu polimero-

-furanowego, zastosowanym od wewnętrznej strony rur w procesie wyoblania przy jednoczesnym walcowaniu. Połączenia pomiędzy poszczególnymi rurami uszczelnione zostały za pomocą gumowych pierścieni /rys.30/. Ta metoda produkcji jest dalej rozważana.

Rury żelbetowe z rdzeniem PC

W konstrukcji jednego z głównych kanałów ściekowych obsługujących nowe osiedle mieszkaniowe w Pradze zastosowane zostały rury żelbetowe o średnicy 180 cm i długości 200 cm z rdzeniami wykonanymi z betonu polimero-furanowego /rys.31/. Zostały one wyprodukowane następująco:

Naprzód odlany został w pionowej formie / za pomocą wibracji/ rdzeń żywno-betonowy ze ścianami o grubości 2 cm, następnie usunięta została jego zastalowana forma zewnętrzna. Zbrojenie zostało umieszczone i zamocowane, a przestrzeń pomiędzy rdzeniem żywno-betonowym a nową zewnętrzną formą /18 cm grubości/ została wypełniona betonem cementowym /jeszcze raz w pozycji pionowej/ i odwibrowana. Rury zostały umieszczone na betonowych blokach fundamentowych z laserowym sterowaniem położenia /rys.32/. Ich połączenia zostały od wewnątrz fugowane żywno-betonową masą uszczelniającą, a cały przewód rurowy został zalany rzadką zaprawą cementową do wysokości jednej trzeciej średnicy rury.

Kanał ściekowy o dużej średnicy zabezpieczony prefabrykowanym wyłożeniem PC.

Największy obazar zastosowania betonu polimero-furanowego, w systemie kanalizacyjnym Czechosłowacji, obejmował - jak dotąd - jego zastosowanie w budowie nowego głównego kanału ściekowego prowadzącego z południowej do północnej części Pragi.

Kanał ściekowy, zaplanowany do ukończenia w 1978 r., kiedy powinien służyć 562 tys. mieszkańców, posiadał określony odpływ 420 litrów ścieków na głowę/doba, który wzrosnąć do 730 litrów na głowę /doba i będzie obsługiwać 800 tys. mieszkańców. Kanał ściekowy jest zaplanowany na przepływ 20.44 m³/sek, jego prześwit zmienia się od średnicy 200 cm do 360 cm na długości 11.300 m. Z tej całościowej długości 5,5 km przechodzi w tunelu wydrążonym w podniekłym gruncie nasypowym i żwirze, a 4 km w otwartym rowie. Przewidywana wymagana trwałość wynosi 80 - 100 lat. Budowa rozpoczęta w 1972 r została ukończona w 1978 r. Praca ta była rzeczywiście w wysokim stopniu technicznie wyłożona i pracochłonna.

Pierwewzór projektu brał pod uwagę betonową konstrukcję /lub beton zbrojony/ zabezpieczoną wyłożeniem zbudowanym z cegieł kwesodpornych o grubości 15 cm /rys.33 a/, tj. system stosowany z powodzeniem w Pradze w ciągu ostatnich 70 lat. Spore zapotrzebowanie na siłę roboczą i niedobór specjalistów udowodniły trudności tego przedsięwzięcia. Z wielu innych dostępnych metod zdecydowano przyjąć alternatywne zastąpienie obudowy murewej wyłożeniem żywiczno-betonowym o 2 cm grubości, zastosowanym jako "zarzucone" szalowanie betonowego kanału ściekowego /rys. 33 b/.

Budowa tego kanału ściekowego jest zilustrowana przez następującą parę rysunków: rys.34, 35, przedstawiających prefabrykowane klatki stalowe w różnym stadium wyłożenia segmentów FPC. Rys.36 ilustruje tymczasowe wkładki gumowe w połączeniach pomiędzy segmentami. Klatki szalownicze z wyłożeniem FPC zostały ustawione w otwartym rowie /rys.37/ oraz przetransportowane do tunelów na wózkach zwrotnych. Beton ze wyłożeniem został naniesiony przez pneumatyczne, powierzchniowe wibratory CIPA umieszczone na ramach klatek szalowniczych /rys.39/. Po utwardzeniu betonu, złożone klatki szalownicze zostały wyniesione z tunelów i na nowo zastosowane /rys.40/. Aby zapewnić lepsze wiązanie betonu wprasowana została siatka kamienna rzadkiego czoła segmentów /rys.41/.

Powierzchnie zabezpieczone prefabrykowanymi płytami PC

Ostatnim wieloskalowym zastosowaniem była budowa fabryki kwasu skrylowego i jego pochodnych. Wszystkie poziome powierzchnie /podłogi/ jak również fundamenty, kanały, zbiorniki ściekowe i zbiorniki ogólnej powierzchni 20 000 m² zostały zabezpieczone prefabrykowanymi płytami z betonu polimero-furanowego o grubości 2-4 cm i rozmiarach 60 cm x 60 cm - 70 cm x 100 cm / rys. 42,43/. Płyty zostały umieszczone w furolowoepoksydowej kopolimerowej warstwie zaprawy i związane zaprawą furolową.

WYKONANIE PRAC
1975 r. Wzrosty
2200 m² powierzchni
furolowoepoksydowa
kopolimerowa
zaprawa 0515013