

Stanisław Korzekwa

### BADANIE NIEKTÓRYCH CECH MATERIAŁOWYCH BETONÓW PRASOWANYCH METODĄ PRAS-BET

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań: wytrzymałości na rozciąganie, współczynnika sprężystości przy ściskaniu i odkształcenia skurczowego, przeprowadzonych na elementach wykonanych z betonów łupkoporytowych prasowanych i nieprasowanych. Badania wykazały, że zabieg prasowania wydatnie polepsza wyżej wymienione cechy materiałowe.

#### Wstęp

W trakcie wieloletnich prac nad technologią wykonania elementów z betonów prasowanych metodą PRAS-BET zaszła konieczność określenia niektórych cech materiałowych - między innymi określenia: wytrzymałości na rozciąganie, współczynnika sprężystości przy ściskaniu i odkształcenia skurczowego. Przedstawienie wyników badań wymienionych cech materiałowych jest tematem niniejszej pracy.

Badania przeprowadzono na małej ilości elementów próbnych z uwagi na to, że badania te mają charakter badań orientacyjnych. Elementy próbne wykonano z masy betonowej, ogrzanej do temperatury 65°C parą wodną, a następnie prasowanej z równoczesnym próżniowym odsączaniem wody. Elementy wykonane były w laboratorium PRAS-BET Chorzowskiego Przedsiębiorstwa Produkcji Materiałów Budowlanych i Instytutu Technologii i Organizacji Budownictwa Politechniki Śląskiej. Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej oraz w laboratorium PRAS-BET.

Badania przeprowadzone były przez autora i mgr inż. Józefa Kukułę pod kierownictwem naukowym doc. dr hab. inż. Jakuba Mamesa.

### 1. Wytrzymałość na rozciąganie

Wielkość ta oznaczana była dwiema metodami: przez rozkupywanie walców wzdłuż tworzącej (metoda brazylijska) ( $R_g$ ) i przez zginanie beleczek prostopadłościennych ( $R_{rg}$ ).

Badanie przeprowadzono na elementach próbnym wykonanych z betonu prasowanego łupkoporytowego z dodatkiem pyłu dla dwóch marek betonu  $R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$  i  $R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$ . Przy oznaczeniu  $R_g$  dla każdego betonu sporządzono 12 walców  $\emptyset 16 \times 16 \text{ cm}$ . Z jednego zarobu formowano 6 walców. Oznaczenie  $R_{rg}$  przeprowadzono na 4 beleczkach o wymiarach  $b \times h \times l = 10 \times 15 \times 90 \text{ cm}$ . Dla każdego betonu z jednego zarobu formowano 4 beleczki.

Przy badaniu wytrzymałości na rozciąganie, przez rozkupywanie walców wzdłuż tworzącej, z serii 12 walców sporządzonych dla każdej marki betonu, pobierano losowo 6 walców w celu oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie, a pozostałe 6 szt. poddawano badaniu na ściskanie.

Oznaczenie  $R_g$  przeprowadzono z zastosowaniem przekładek z twardej płyty pilśniowej o wymiarach  $40 \times 160 \times 2,5 \text{ mm}$ . Wiek elementów próbnym wynosił średnio 28 dni.

Określenie wytrzymałości na rozciąganie przez zginanie beleczek przeprowadzono na elementach prostopadłościennych o wymiarach  $b \times h \times l = 10 \times 15 \times 90 \text{ cm}$ , bowiem stanowisko do produkcji elementów próbnym uniemożliwiło wykonanie typowych beleczek [1] o wymiarach  $20 \times 20 \times 80 \text{ cm}$ . Beleczki o rozpiętości 80 cm obciążane były w sposób symetryczny dwoma siłami o rozstawie 40 cm.

Sposób ułożenia beleczek w chwili badania (górną - dół) odpowiadał technologii produkcji elementów próbnym. Badanie przeprowadzono na elementach próbnym 28-dniowych.

Obraz zniszczenia walców rozkupywanych wzdłuż tworzących był typowy, tzn. pękały one wzdłuż regularnych płaszczyzn z powstaniem niewielkich klinów wzdłuż obu krawędzi obciążonych.

W procesie niszczenia walców ściskanych tworzyły się regularne stożki. Na przełomach beton wykazywał prawidłowe zagęszczenie. Obraz niszczenia beleczek zginanych był typowy, tzn. złamanie następowało w obszarze pomiędzy obciążającymi siłami. Na przełomach beton wykazywał równomierne zagęszczenie, jednakże przy oględzinach wzrokowych zauważało się większe skupisko ziarn w dolnej strefie beleczek.

W tablicach 1, 2 i 3 zestawiono wyniki pomiarów.

Tablica 1

Wyniki pomiarów wytrzymałości na rozciąganie metodą brazylijską

	Nr próbki	Ciężar próbki G [kg]	Wytrzymałość na rozciąganie $R_{gl}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Średnia $\bar{R}_g$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
$R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$	1	5,80	22,4	$\bar{R}_g = 20,9$
	2	5,90	20,4	
	3	5,81	21,9	
	4	5,86	19,2	
	5	5,90	20,7	
	6	5,80	20,9	
$R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$	1	6,03	25,2	$\bar{R}_g = 24,3$
	2	6,20	23,9	
	3	6,16	26,8	
	4	6,10	22,2	
	5	6,10	22,2	
	6	6,11	25,6	

Tablica 2

## Wyniki pomiarów wytrzymałości na ściskanie

	Nr próbki	Ciężar próbki G [kg]	Wytrzymałość na ściskanie $R_{wi}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Średnia $\bar{R}_w$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
$R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$	1	5,90	230	$\bar{R}_w = 224$
	2	5,84	260	
	3	5,78	213	
	4	5,84	196	
	5	5,80	223	
	6	5,73	(154)	
$R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$	1	6,16	354	$\bar{R}_w = 329$
	2	6,20	352	
	3	6,10	255	
	4	6,18	345	
	5	6,08	332	
	6	6,10	332	

Tablica 3

## Wyniki pomiarów wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu

	Nr próbki	Wymiary belek [cm x cm x cm]	$R_{rgi}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\bar{R}_{rg}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
$R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$	1	10,2 x 14,7 x 90,0	28,6	$\bar{R}_{rg} = 30,2$
	2	8,7 x 14,9 x 90,0	30,6	
	3	9,0 x 14,7 x 90,0	30,6	
	4	9,9 x 14,9 x 90,0	30,2	
$R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$	1	10,0 x 15,0 x 90,0	32,7	$\bar{R}_{rg} = 35,7$
	2	10,2 x 15,0 x 90,0	36,6	
	3	9,1 x 15,2 x 90,0	34,9	
	4	9,1 x 15,2 x 90,0	38,2	

## 2. Współczynnik sprężystości betonów przy ściskaniu

Wielkość tę oznaczana była na dwóch rodzajach elementów próbnych: słupkach i walcach ściskanych wzdłuż osi podłużnej.

Badania przeprowadzono na elementach próbnych wykonanych z betonu kłupkoporytowego: prasowanego i nieprasowanego z dodatkiem pyłu dla 2 marek betonu  $R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$  i  $R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$  oraz prasowanego z dodatkiem piasku dla  $R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

Oznaczenie współczynnika sprężystości przy ściskaniu na słupkach dla każdego betonu prasowanego i nieprasowanego przeprowadzono na 4 elementach prostopadłościennych o wymiarach  $b \times h \times l = 15 \times 20 \times 90 \text{ cm}$ .

Określenie współczynnika sprężystości przy ściskaniu na walcach przeprowadzono dla betonu nieprasowanego na 4 elementach  $\emptyset 15 \times 30 \text{ cm}$ .

Dla betonu prasowanego z jednego zarobu formowano 4 słupki a dla betonu nieprasowanego 4 słupki i 5 walców.

Z uwagi na techniczne trudności z wykonaniem walców  $\emptyset 15 \times 30 \text{ cm}$  z betonu prasowanego określenie współczynników sprężystości przeprowadzono na elementach słupkowych. Pomiaru dokonywano za pomocą tensometrów przykładowych T-200 z czujnikami zegarowymi o dokładności 1 mikrona.

Dla betonu nieprasowanego pomiaru współczynnika sprężystości dokonano w celach porównawczych z betonem prasowanym na elementach słupkowych oraz na walcach. Badanie na walcach przeprowadzono z zastosowaniem typowego modułomierza.

Program badania obejmował obciążenie pierwsze i obciążenie wielokrotne. Obciążenie powtarzające się przebiegało od zera do wartości naprężenia  $0,5 R_w$ . Współczynniki sprężystości obliczano jako średnie w przedziale naprężeń  $(0,1 \div 0,5) R_w$ .

Badania przebiegały w sposób prawidłowy, tzn. różnice wskazań obydwu czujników tensometrów przykładowych oraz modułomierza nie różniły się o więcej niż 20% w stosunku do odczytów większych. W tablicy 4 zestawiono wyniki pomiarów.

Przykładowy wykres  $\epsilon - \sigma$  i zestawienie odczytów na obydwu czujnikach tensometrów przedstawiono na rys. 1.

Tabela 4

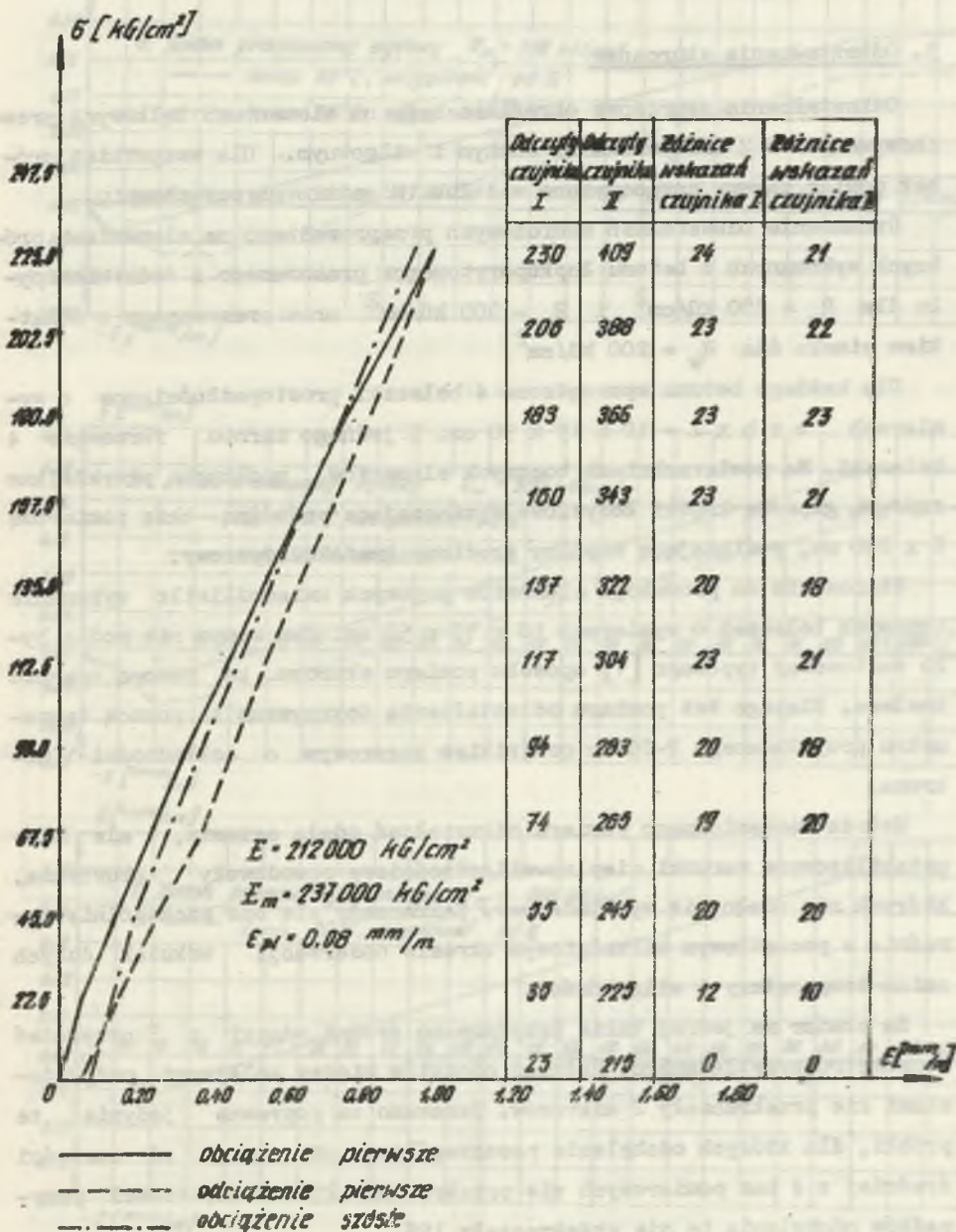
Wyniki pomiarów współczynnika sprężystości betonu przy ścisłaniu słupków 15 x 20 x 90 cm i wałców 15 x 30 cm

Rodzaj i marka betonu	Elementy próbne	Wyniki pomiarów					Wartość średnia
		$\frac{E}{E_m}$	Próbka nr 1	Próbka nr 2	Próbka nr 3	Próbka nr 4	
Prasowany pyłowy $R_w = 200$	słupki 15x20 x90 cm	$E \left[ \frac{T}{cm^2} \right]$	196	197	204	200	199
		$E_m$	208	206	216	220	212
Nieprasowany pyłowy $R_w = 200$	"	$E$	156	148	153	131	147
		$E_m$	178	170	174	169	173
Prasowany pyłowy $R_w = 300$	"	$E$	222	222	193	200	209
		$E_m$	237	234	210	223	226
Nieprasowany pyłowy $R_w = 300$	"	$E$	177	193	162	152	171
		$E_m$	193	214	204	173	196
Prasowany piaskowy $R_w = 300$	"	$E$	212	219	250	212	223
		$E_m$	237	253	256	232	244
Nieprasowany pyłowy $R_w = 200$	wałce $\varnothing 15x$ 30 cm	$E$	129	132	136	-	132
		$E_m$	151	153	158	-	154
Nieprasowany pyłowy $R_w = 300$	"	$E$	160	154	157	158	158
		$E_m$	185	174	177	180	179

$E$  - współczynnik sprężystości przy obciążeniu pierwszym.

$E_m$  - współczynnik sprężystości przy obciążeniu wielokrotnym.

Beton prasowany piaskowy  $R_N = 300 \text{ kg/cm}^2$



Rys. 1. Wykres  $\sigma - \epsilon$

Obserwowane odkształcenia trwały po kilkakrotnym obciążeniu wynosiły około  $(0,06 \div 0,08)$  mm/m.

### 3. Odształcenia skurczowe

Odształcenia skurczowe określane były na elementach belkowych przechowywanych w 2 środowiskach: suchym i wilgotnym. Dla wszystkich próbek pomiar zerowy rozpoczynano w 4 lub 12 godzin po sprasowaniu.

Oznaczenie odkształceń skurczowych przeprowadzono na elementach próbnym wykonanych z betonu łupkoporytowego: prasowanego z dodatkiem pyłu dla  $R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$  i  $R_w = 300 \text{ kg/cm}^2$  oraz prasowanego z dodatkiem piasku dla  $R_w = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

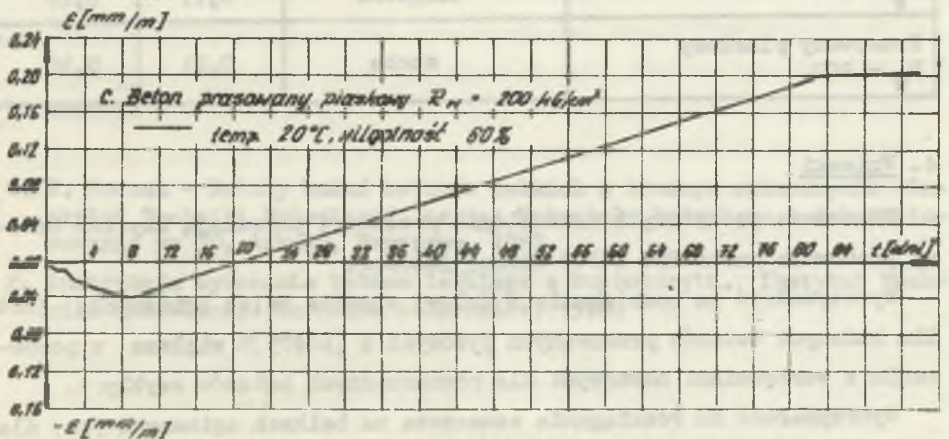
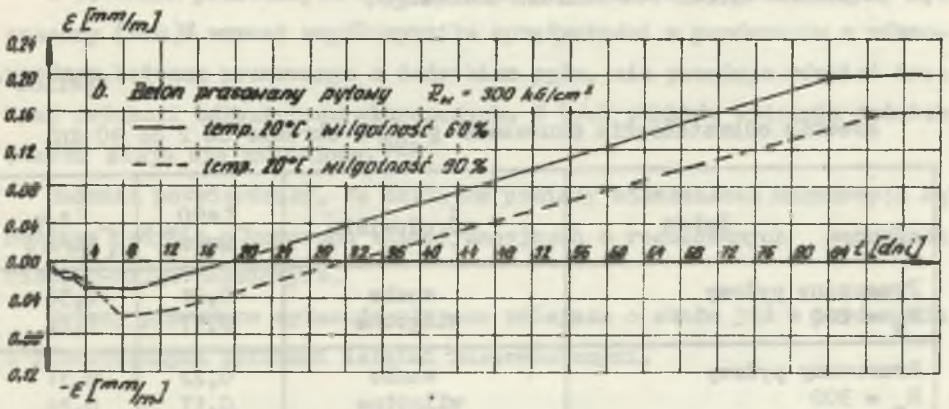
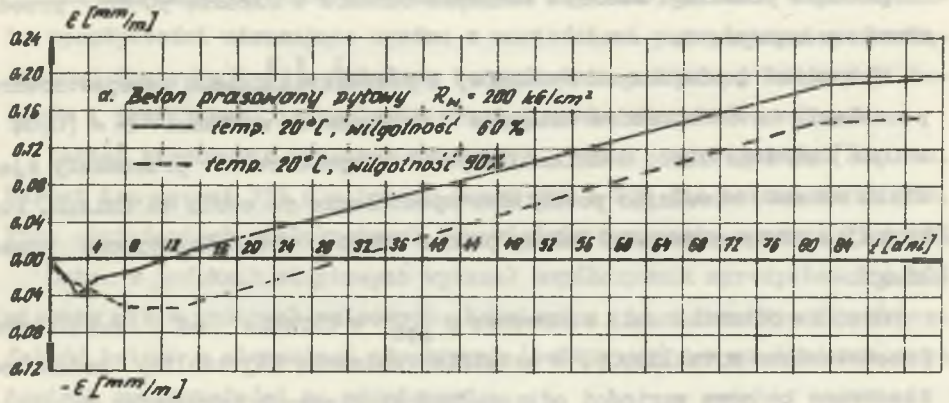
Dla każdego betonu sporządzono 4 beleczki prostopadłościenne o wymiarach  $b \times h \times l = 10 \times 15 \times 90 \text{ cm}$ . Z jednego zarobu formowano 4 beleczki. Na powierzchniach bocznych elementów próbnych przyklejano zaprawą gipsową krążki łożyskowe wyznaczające podwójną bazę pomiarową  $2 \times 200 \text{ mm}$ , posiadającą wspólny środkowy krążek łożyskowy.

Stanowisko do produkcji elementów próbnych uniemożliwiło wykonanie typowych beleczek o wymiarach  $10 \times 10 \times 50 \text{ cm}$ . Tym samym nie można było zastosować typowego [1] sposobu pomiaru skurczu za pomocą aparatu Amslera. Dlatego też pomiaru odkształcenia dokonywano za pomocą tensometru przykładanego T-200 z czujnikiem zegarowym o dokładności 1 mikrona.

Metoda mechanicznego pomiaru odkształceń zdała egzamin, ale niestabilizowane warunki cieplno-wilgotnościowe powodowały zaburzenia, których nie udało się wyeliminować. Zaznaczały się one szczególnie wyraźnie w początkowym kilkudniowym okresie obserwacji wskutek dużych zmian temperatury i wilgotności.

Za pomiar na jednej bazie przyjmowano średni odczyt z 3 przyłożeń tensometru przykładanego. Różnice odczytów między kolejnymi przyłożeniami nie przekraczały 2 mikronów. Uznawano za poprawne jedynie te próbki, dla których odchylenie poszczególnych obserwacji od wartości średniej z 4 baz pomiarowych nie przekraczało 25%. W większości przypadków odchylenia te nie przekraczały 15%.





Rys. 2. Średnie przebiegi skurczu betonu

Średnie przebiegi skurczu badanych betonów w okresie 90 dni przedstawiono na rys. 2.

Jak widać z powyższych rysunków, w pierwszych dniach zarejestrowano pęcznienie betonów, które osiągało największe wartości  $\epsilon = (0,04 \pm - 0,06)$  mm/m po około 8 dniach. W późniejszym okresie przeważały zjawiska skurczu niwelując początkowe spęcznienie po około 16 dniach. Poczynając od tego momentu dalszy proces skurczu wykazywał typowe przebiegi.

Średnie odkształcenia skurczowe  $\epsilon_{s90}$  w okresie od 2 do 90 dni przedstawiono w tabelicy 5. W ostatniej kolumnie tej tabelicy podano oszacowane końcowe wartości odkształceń skurczowych przyjmując, że skurcz po 90 dniach wynosi 70% skurczu końcowego.

Tabelica 5

Średnie odkształcenia skurczowe  $\epsilon_{s90}$  w okresie od 2 do 90 dni

Beton	Środowisko	$\epsilon_{s90}$ [mm/m]	$\epsilon_{s\infty}$ [mm/m]
Prasowany pyłowy $R_w = 200$	suche	0,21	0,30
	wilgotne	0,17	0,24
Prasowany pyłowy $R_w = 300$	suche	0,22	0,31
	wilgotne	0,17	0,24
Prasowany piaskowy $R_w = 200$	suche	0,21	0,30

#### 4. Wnioski

Stosowane receptury i technologia produkcji pozwalają uzyskać betony prasowane marki 200 i 300 dobrej jakości.

Wytrzymałość na rozciąganie w dolnej strefie belek zginanych jest dla badanych betonów prasowanych pyłowych o (60+75)% większa w porównaniu z wartościami normowymi dla równorzędnych betonów zwykłych.

Wytrzymałość na rozciąganie oznaczona na belkach zginanych jest dla obu marek betonu większa o 45% od wytrzymałości na rozciąganie oznaczonej metodą rozkupywania wałców.

Dla obu marek betonów nieprasowanych uzyskano wartości współczynnika sprężystości uderzająco zgodne z wartościami przepisanyymi w obowiązującej instrukcji [2]. Świadczy to pośrednio o trafnej kompozycji betonów i prawidłowej technologii przygotowania elementów próbnych.

Zabieg prasowania wydatnie zwiększył moduł sprężystości betonu. Wzrost ten wynosi 35% dla betonu marki 200 i 22% dla betonu marki 300. Przy obciążeniach wielokrotnych odpowiednie przyrosty wynoszą 23 i 15%.

Beton w próbkach słupkowych wykazał współczynnik sprężystości o 10% większy niż w próbkach walcowych. Potwierdza się w ten sposób lepsza jakość betonu w elementach słupkowych (belkowych) zasygnalizowana w badaniach wytrzymałości na rozciąganie.

W betonach prasowanych dodatek piasku naturalnego powoduje tylko nieznaczny (6÷8)% wzrost współczynnika sprężystości w porównaniu z równorzędnym betonem prasowanym z dodatkiem pyłu, nie powoduje również istotnej redukcji odkształceń skurczowych. Z tych punktów widzenia dodatek piasku staje się niecelowy.

Badania potwierdziły, że dokładne pomiary odkształceń skurczowych są możliwe jedynie w komorach klimatyzacyjnych o regulowanych warunkach ciepłno-wilgotnościowych.

Betony prasowane wykazują skurcze mniejsze o około 36% w porównaniu z równorzędnymi betonami lekkimi nieprasowanymi.

#### LITERATURA

1. W. Roszak - Metody badań betonów lekkich z kruszyw sztucznych. Instytut Techniki Budowlanej, seria: Materiały budowlane i ich zastosowanie nr 30, Arkady, Warszawa, 1967.
2. Instrukcja wykonania betonu lekkiego z żupkoporytu. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa - Katowice, 1970.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕССОВАННЫХ МЕТОДОМ

### Резюме

В работе представлено результаты исследований: сопротивления на растяжение, усадки и модуля упругости при сжатии, произведенных на элементах исполненных из аллопоритобетонов прессованных и непрессованных. Исследования указали, что процедура прессования явственно улучшает вышеназванные механические характеристики.

## L'ETUDE DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES MATERIELLES DES BÉTONS DES SCHISTES CUIITS PRESSÉS DU METHODE PRAS-BET

### Résumé

Dans ce travail on présente les résultats: des essais de la résistance à l'extension, du coefficient de l'élasticité - en pression et du retraction du beton, exécutés sur les éléments faits avec des betons schistes cuits presses et nonpressés. Les études ont montre, que le repassage améliore sensiblement les caractéristiques matérielles nommées ci - dessus.