

Marianna Smolka-Glenszczyk

BADANIE PRZYCZEPNOŚCI ZBROJENIA DO BETONU PRASOWANEGO METODĄ PRAS-BET

1. Wstęp

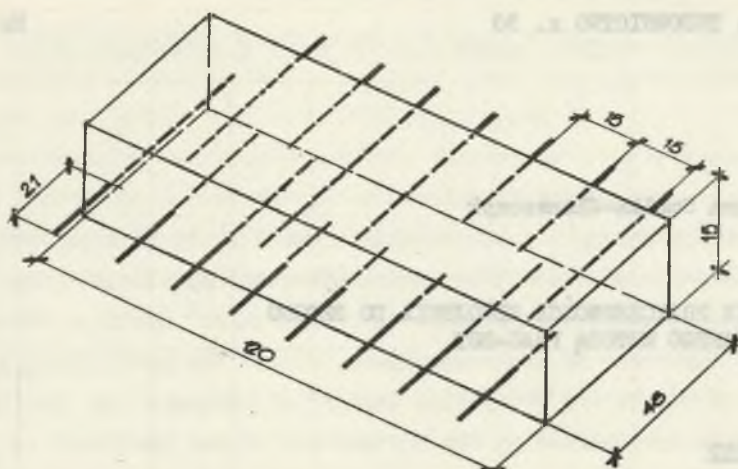
W związku z końcową fazą prac nad nową technologią wykonywania elementów wielkowymiarowych metodą prasowania z równoczesnym odsączaniem wody, opracowaną przez laboratorium PRAS-BET*, zaistniała potrzeba zbadania podstawowych cech fizycznych betonu prasowanego, w tym jego współpracy ze zbrojeniem.

W badaniach przyczepności zbrojenia do tegoż betonu chodziło o ustalenie jak kształtują się wartości naprężeń przyczepności zbrojenia do betonu prasowanego według technologii PRAS-BET, w porównaniu do analogicznych wartości uzyskiwanych dla betonów zagęszczanych przez wibrowanie. Celowi temu podporządkowano zakres i program badań, przeprowadzonych na elementach wyprodukowanych przez laboratorium PRAS-BET, według opracowanych tam receptur. Całość badań wykonano na terenie laboratorium.

2. Zakres badań

Technologia PRAS-BET przystosowana jest głównie do produkcji elementów powierzchniowych (płyty, ściany). W związku z tym nie było możliwe wyprodukowanie w laboratorium elementów prasowanych o kształcie i w miarach typowych dla badań przyczepności (belki na zginanie, walce). Wobec tego, badania przeprowadzono na elementach nietypowych.

* Laboratorium doświadczalne PRAS-BET przy Instytucie Technologii i Organizacji Budownictwa i Śląskim Zjednoczeniu Budownictwa Miejskiego.



Rys. 1. Próbnny element płytowy

Jako element próbnny przyjęto płyty jak na rys. 1. Zbrojenie umieszczano wzdłuż krótszych krawędzi płyty, w środku jej grubości, w odstępach 15 cm.

Badano przyczepność prętów o średnicach 8, 10, 12 mm zabetonowanych w płycie na głębokość 16, 32 i 48 cm. Rozmieszczenie typów prętów (według średnic i długości) w poszczególnych elementach było przypadkowe.

Z każdego zarobu wykonano:

- a) jedną płytę metodą PRAS-BET, tzn. prasowaną z równoczesnym odsączaniem wody, zwaną dalej prasowaną;
- b) jedną płytę zagęszczaną przez powierzchniowe wibrowanie, zwaną dalej wibrowaną;
- c) 3÷6 walców kontrolnych (\varnothing 16 cm; h 16 cm), zagęszczanych przez wibrowanie, zwanych dalej walcami kontrolnymi.

Zestawienie oraz charakterystykę prętów zabetonowanych w płytach podano w tabelicy 1.

Oprócz zasadniczych badań, przeprowadzonych na wyżej zestawionych elementach nietypowych, wykonano badania na typowych elementach walcowych (\varnothing 16 cm; h 16 cm) przez osiowe wrywanie prętów z betonu. Służyły one głównie określeniu wpływu domieszek pyłu na wartość naprężeń

Tablica 1

Zestawienie ilości prętów zabetonowanych w płytkach

Średnica pręta mm		8			10			12	
		16	32	48	16	32	48	16	32
Długość zabetonowania pręta cm		16	32	48	16	32	48	16	32
Seria I	płyta wibrowana płyta prasowana	-	6 3	2 2	2 4	2 4	3 -	-	-
Seria II	płyta wibrowana płyta prasowana	2 2	2 3	3 2	4 3	2 3	1 2	-	-
Seria III	płyta wibrowana płyta prasowana	-	-	-	3 3	4 4	2 2	-	-
Seria IV	płyta wibrowana płyta prasowana	-	-	-	-	-	-	7 6	4 5
Summary - pręty wibrowane		2	8	5	9	8	6	7	4
pręty prasowane		2	6	4	10	11	4	6	5

przyczepności, dodatkowo zaś pozwalały na porównanie wyników badań własnych z wynikami podanymi w publikacjach. Przeprowadzono je dla jednej średnicy prętów i trzech składów betonu. Zbiornicze zestawienie próbek walcowych podano w tablicy 2.

Tablica 2

Zestawienie próbek walcowych

Rodzaj betonu Oznaczenie	Średnica pręta mm	Ilość zarobów	Ilość walców z prętami sztuk	Ilość walców kontrolnych sztuk
Żwirowy Z	10	2	12	12
Pyłowy PI		2	12	12
Pyłowy PII		2	12	12

3. Badania

3.1. Charakterystyka materiałów użytych do badań

Stal zbrojeniowa

Do badań użyto stali St-0, pochodzącej z jednego transportu, o sprawdzonej badaniami własnymi dla średnicy 8 mm granicy plastyczności $Q_T = 2410 \text{ kg/cm}^2$ i wskaźniku zmienności $v = 11\%$ oraz module sprężystości $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$.

Skład mieszanek betonowych zestawiono w tablicy 3.

3.2. Przygotowanie elementów próbnych

Płyty prasowane

Elementy te formowano w matrycy prasy, stosując odpowiednie przekładki z płyty pilśniowej twardej. Na końce prętów (odcinki 22 cm, słu-

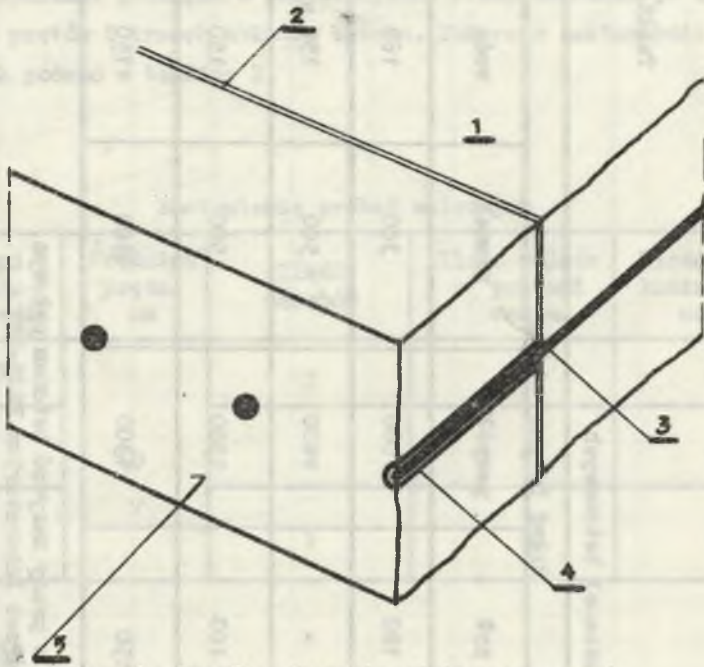
Tablica 3

Skład mieszanek betonowych

Typ elementu próbnego	Rodzaj betonu Oznaczenie	Skład betonu - kg/m ³				
		cement portl. "350"	pył	pospółka	piasek	woda
Płyty	pyłowy P	200	180	1060	300	160
	żwirowy Ż	280	-	1400	500	150
Walce	pyłowy PI	250	100	1300	500	150
	pyłowy PII	230	150	1300	500	150

Uwaga: beton żwirowy z domieszką pyłu przyjęto w pracy nazywać betonem pyłowym. Podany skład mieszanek został ustalony przez laboratorium PRAS-BET.

żące podczas badań do zamocowania szczęk prasy naciągowej, nasadki itp.) nasadzano rurki o średnicy wewnętrznej 18 mm (rys. 2).

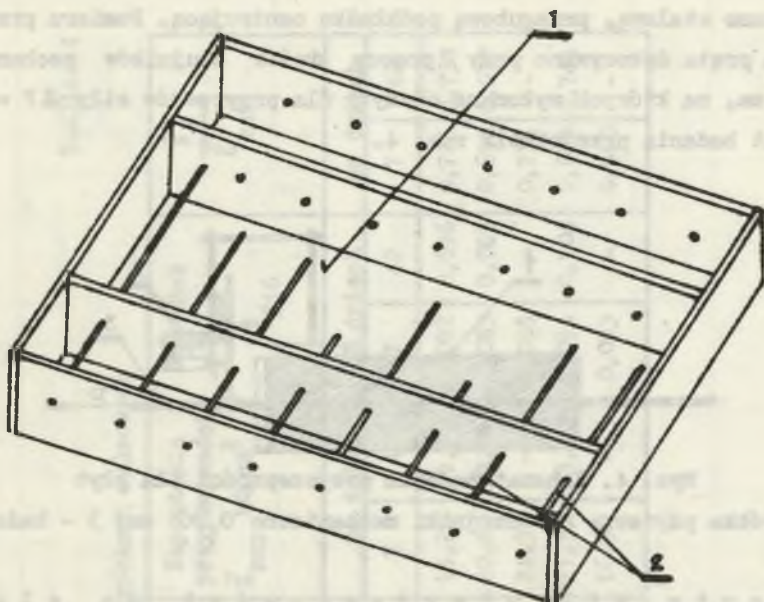


Rys. 2. Sposób wykonania płyty prasowanej

1 - płyta prasowana z zabetonowanymi prętami; 2 - przekładka z płyty pilśniowej; 3 - pręt; 4 - rurka nasadzona na pręcie; 5 - zdejmowany po 24 godz. blok betonowy

Tuż po skończonej operacji prasowania płytę przenoszono przy pomocy zawiesi próżniowych na uprzednio przygotowane stanowisko, na którym pozostawała do dnia następnego. Po około 24 godzinach zdejmowano z "wystających" końców prętów uformowane na nich bloki betonowe, zaś gotowy element płytowy przechowywano na poligonie do chwili badania.

Płyty wibrowane formowano w specjalnie przygotowanej matrycy drewnianej. Zasadę stabilizacji w niej prętów zbrojeniowych pokazuje rys. 3. Zagęszczanie odbywało się za pomocą wibratora powierzchniowego. Płyty rozformowywano po upływie około 24 godzin i przechowywano na poligonie wspólnie z pozostałymi elementami opisanymi w p. 32.



Rys. 3. Zasada stabilizacji prętów w matrycy drewnianej
1 - płyta wibrowana, 2 - wystające z płyty końce prętów

Próbki walcowe wykonano w typowych formach stalowych, stabilizując centryczne usytuowanie pręta dwoma przekładkami z płyty pilśniowej twardej. W czasie betonowania i zagęszczania pręty znajdowały się w pozycji pionowej.

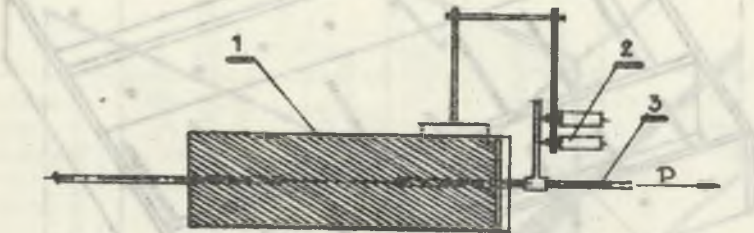
Walce kontrolne do określenia wytrzymałości betonu wykonano w formach typowych, zgodnie z wytycznymi normy.

3.3. Przebieg badań

Badanie siły przyczepności na elementach płytowych

Do wyciągania prętów zastosowano prasę naciagową "Żuk-B", zaopatrzoną w siłomierz pałkowy z czujnikiem mechanicznym 0,001 mm, zasilaną pompą ręczną. Dodatkowo prasę wyposażono w komplet odpowiednich szczęk, zaś w celu wyeliminowania nierówności czokowej powierzchni płyty za-

stosowano stalową, przegubową podkładkę centrującą. Pomiaru przemieszczenia pręta dokonywano przy pomocy dwóch czujników mechanicznych 0,001 mm, na których wykonano odczyty dla przyrostów siły $\Delta P = 40$ kG. Schemat badania przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Schemat badania przyczepności dla płyt

1 - próbka płytowa; 2 - czujniki mechaniczne 0,001 mm; 3 - badany pręt

B a d a n i a s i ł p r z y c z e p n o ś c i n a e l e m e n t a c h w a l c o w y c h

Badanie sił przyczepności na walcach (\varnothing 16 cm; h 16 cm) przeprowadzono przez wrywanie pręta z betonu. Zastosowano przyrządy oraz dokonano pomiaru siły jak w badaniach elementów płytowych. W celu określenia wślizgu zbrojenia względem betonu (rys. 5), zainstalowano dodatkowo czujnik mechaniczny 0,001 mm, dokomując na nim odczytu dla przyrostów siły $\Delta P = 40$ kG.

4. Omówienie wyników badań

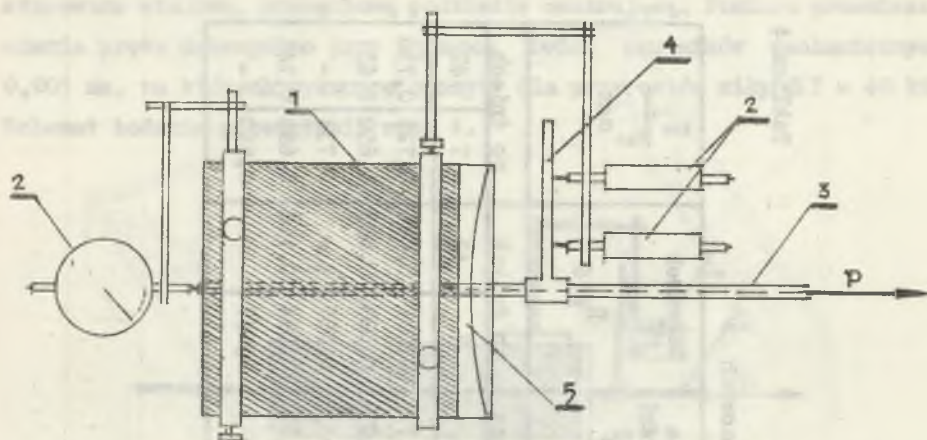
Wyniki badań przyczepności na próbkach walcowych przedstawiono w tabelicy 4. Zestawiono w niej naprężenia przyczepności w chwili pierwszego ruchu, przyjmując za miarodajną do ich określenia wartość siły przy wślizgu pręta 0,005 mm ($\bar{\sigma}_T$) oraz maksymalne naprężenia przyczepności ($\bar{\sigma}_{max}$) biorąc pod uwagę największą wartość siły odczytaną na czujniku siłomierza pażkowego.

Badania na próbkach walcowych miały na celu ustalenie wpływu domieszek pyłu na wartość naprężeń przyczepności. Dla stosowanych ilości pyłu (100 i 150 kg/m^3) nie zauważa się wyraźnych różnic w wartościach

Tablica 4

Wyniki badań przyczepności na próbkach walcowych

Nr serii	Rodzaj betonu Oznaczenie	Zużycie pyłu kg/m^3	Średnia wytrzymałość betonu $R_{\phi 16}$ kg/cm^2		Napężenia przy czepności I rochu $\bar{\sigma}_I$ kg/cm^2		Napężenia przy czepności $\bar{\sigma}_{\text{max}}$ kg/cm^2		Stosunek $\frac{\bar{\sigma}_{\text{max}}}{R_{\phi 16}}$		$\frac{\bar{\sigma}_I}{\bar{\sigma}_{\text{max}}}$			
			po dniach		po dniach		po dniach		po dniach		po dniach		po dniach	
			7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42
1	żwirowy (ż)	-	165	206	11,00	14,55	15,20	19,70	0,092	0,096	0,725	0,738		
2	pyłowy (P _I)	100	252	266	13,70	14,05	20,80	22,05	0,083	0,083	0,658	0,637		
3	pyłowy (P _I)	100	286	-	17,80	-	24,30	-	0,085	-	0,734	-		
4	pyłowy (P _{II})	150	187	224	12,03	17,35	17,55	23,30	0,094	0,104	0,685	0,745		
5	pyłowy (P _{II})	150	182	-	9,40	-	16,90	-	0,093	-	0,560	-		



Rys. 5. Schemat badania przyczepności na walcach

1 - próbka walcowa; 2 - czujniki mechaniczne 0,001 mm; 3 - badany pręt;
4 - nasilnik; 5 - stalowa podkładka centrująca

stosunku $\frac{\bar{\tau}_{\max}}{\bar{R}_{\phi 16}}$ między betonem żwirowym ($\bar{\tau}$) a żwirowym z domieszką pyłu (p_I, p_{II}). Uzyskane wartości średnich naprężeń przyczepności mieszczą się w granicach podawanych w publikacjach ($\bar{\tau} = 0,1-0,15 \bar{R}$) [4]. Stwierdzono niewielki wpływ czasu na zwiększenie wartości stosunku $\frac{\tau_{\max}}{\bar{R}_{\phi 16}}$. Wartość stosunku naprężeń w chwili pierwszego ruchu do naprężeń maksymalnych ($\frac{\bar{\tau}_I}{\bar{\tau}_{\max}}$) waha się w granicach 0,56÷0,76. Wyniki badań na próbkach walcowych ($\phi 16$ cm; $h = 16$ cm), aczkolwiek przeprowadzone tylko dla jednej średnicy, służyły również jako punkt odniesienia w interpretacji wyników badań porównawczych na nietypowych próbkach płytowych.

Średnie wartości wyników badań porównawczych na próbkach płytowych zestawiono w tabelicy 5. Jako miarodajną przyjęto maksymalną wartość siły odczytaną na czujniku siłomierza pałakowego. Różnice ilości prętów zestawionych w tabelicy 1 (97 prętów) i tabelicy 5 (69 prętów) zostały spowodowane koniecznością odrzucenia:

a) prętów wyrwanych w czasie rozformowywania,

Tablica 5

Wyniki badań przyczepności na próbkach płytowych

Typ płyty	Ilość prętów sztuk	Średnica prętów ϕ mm	Długość zabetonowania pręta cm	Średnia wytrzymałość betonu w serii $\bar{R}_{\phi 16}$ kg/cm^2	Średnia wartość przyczepności \bar{z} kg/cm^2	Wskaźnik zmienności $v = \frac{s_x}{\bar{z}}$ (%)	Stosunek $\frac{\bar{z}}{\bar{R}_{\phi 16}}$	Stosunek $\frac{\bar{z}}{\bar{z}_{\text{prasow.}}}$ $\frac{\bar{z}}{\bar{z}_{\text{wibrow.}}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wibrowana	6		32	172; 175	22,20	3,3	0,128	0,875
Prasowana	4			-	19,40	11,3	-	
Wibrowana	4	8	48	172	19,30	5,2	0,112	0,938
Prasowana	3			-	18,10	1,8	-	
Wibrowana	6		16	172; 175	7,22	14,2	0,0417	0,812
Prasowana	6			-	5,86	8,1	-	
Wibrowana	6	10	32	172; 175; 169	14,00	11,3	0,0815	0,735
Prasowana	9			-	10,28	13,8	-	
Wibrowana	5		48	175; 169	13,82	6,0	0,0812	0,988
Prasowana	4			-	13,65	2,8	-	
Wibrowana	4		16	266	11,10	7,1	0,0417	0,878
Prasowana	3			-	9,85	1,0	-	
Wibrowana	4	12	32	266	14,10	4,8	0,0530	0,912
Prasowana	5			-	12,86	7,0	-	

- b) prętów, dla których naprężenia przyczepności odbiegały o 40% od wartości średniej w serii (3 pręty),
 c) prętów naruszonych na skutek awarii osprzętu.

Średnie wytrzymałości betonu w seriach, z których pochodziły badane pręty, podano w piątej kolumnie. Ponieważ wielkości te w ramach poszczególnych płyt różniły się minimalnie, do określenia wartości $\bar{R}_{\phi 16}$ (kolumna 8) przyjęto wartość średnią ważoną. Z danych zestawionych w tablicy 5 wynika, że średnia wartość naprężeń przyczepności $\bar{\sigma}$ dla płyt prasowanych jest mniejsza od odpowiedniej dla płyt wibrowanych. Odnosi się to do wszystkich średnic i długości badanych prętów, jednakże różnica ta nie jest znaczna, gdyż wartość stosunku $\frac{\bar{\sigma}_{\text{prasowanego}}}{\bar{\sigma}_{\text{wibrowanego}}}$ wynosi $0,74 \pm 0,99$. Niskie wartości wskaźnika zmienności $v = 1,0 \pm 14,1\%$ świadczą o dużej jednorodności wyników, a więc o znacznej ich wiarygodności. Dla prętów $\phi 10$ i $\phi 12$ mm zauważa się zwiększenie średniej przyczepności wraz ze wzrostem długości zabetonowania pręta. Zaobserwowana prawidłowość jest przeciwna do podawanej w dostępnych opracowaniach [2, 4]. Zjawisko to da się wytłumaczyć specyficznymi warunkami wykonywania próbek płytowych, dla których to przypuszczalnie następuje obluźwienie pręta na pewnej długości, szczególnie niebezpieczne dla prętów gładkich o większej średnicy. Prawidłowości tej nie zaobserwowano dla prętów $\phi 8$ mm.

Na podstawie badań przyczepności na płytach prasowanych i wibrowanych stwierdzono znaczne zaniżenie wartości naprężeń przyczepności w stosunku do badań obcych oraz własnych na walcach. Szczególnie jaskrawo przejawia się to dla 16 centymetrowej długości zabetonowania prętów. Przy czym należy wziąć pod uwagę, że wartości te są zaniżone także z uwagi na poziomy kierunek betonowania. Należy wnosić, że na wartość tę nie ma wpływu dodatek pyłu, co stwierdzono w badaniach na próbkach walcowych. Wydaje się, że decydujący wpływ na obniżenie przyczepności zbrojenia do betonu zarówno dla płyt wibrowanych, jak i prasowanych ma sposób przygotowania próbki, jej formowania i stabilizacji prętów.

5. Podsumowanie

1. Uzyskane w badaniach na próbkach walcowych średnie wartości naprężeń przyczepności ($\bar{\sigma} = 0,083 \pm 0,10 \bar{R}$) mieszczą się w granicach podawanych w publikacjach [2, 4] ($\bar{\sigma} = 0,9 \pm 0,15 \bar{R}$).

2. Nie zauważa się istotnego wpływu dodatków pyłu na wartość przyczepności zbrojenia do betonu w badanym przedziale czasu.

3. Decydujący wpływ na wartość przyczepności ma sposób przygotowania próbki; położenie pręta w czasie zagęszczania masy betonowej, formowanie elementów oraz stabilizacja prętów zbrojenia.

4. Uzyskane wyniki badań przyczepności na płytowych próbkach wibrowanych i prasowanych wykazywały się dużą jednorodnością ($v = 1 \pm 14\%$).

5. Stwierdzono bardzo niskie wartości naprężeń przyczepności zbrojenia do betonu prasowanego dla 16 cm długości zabetonowania zbrojenia ($\bar{\sigma} \approx 0,040 \bar{R}$).

6. W przypadku formowania powierzchniowych elementów prasowanych (płyty, ściany) z obrzeżami zaopatrzonymi w pręty zakotwione w prasowanym elemencie, należy zwiększyć długość zakotwienia zbrojenia lub przejść na zakotwienie mechaniczne.

LITERATURA

1. Lewicki B.: Płyty stropowe i dachowe z betonów lekkich. Biblioteka inżynierii i budownictwa. W-wa, 1964.
2. Lewicki B.: Betony lekkie, Budownictwo betonowe, t. IV, W-wa, 1967.
3. Oleszkiewicz J.: Współpraca betonu pumekсового ze stalą zbrojeniową, Inżynieria i budownictwo nr 3, W-wa, 1965.
4. Suwalski L.: Teoria betonu i żelbetu. Budownictwo betonowe, t. II, W-wa, 1964.

INVESTIGATIONS CONCERNING THE ADHERENCE
OF THE REINFORCEMENT OF CONCRETE ACCORDING
TO THE PRES-BET METHOD

S u m m a r y

Description and analysis of tests aiming at the qualification of the adherence stress value of the reinforcement of pressed concrete in comparison with the obtained values for vibrated concrete. The tests have been carried out on untypical plated samples of pressed and vibrated concrete as well as on typical concrete roller samples.

PRÜFUNG DES HAFTVERMÖGENS DER PRESSBETONBEWEHRUNG
NACH PRES-BET METHODE

Z u s a m m e n f a s s u n g

Beschreibung und Forschungsanalyse zwecks Bestimmung der Werte der Haftspannung der Pressbetonbewehrung im Vergleich zu dem erhaltenen Wert beim Rüttelbeton. Diese in dem Artikel beschriebenen Untersuchungen wurden auf nicht typischen Tafelproben aus Pressbeton, Rüttelbeton sowie auf typischen Betonprobewalzen durchgeführt.