

Paweł Rajczyk

ELEMENTY TECHNOLOGII BUDOWY POSADZKI BETONOWEJ

1. Zwiększenie wytrzymałości powierzchni betonu przez wibrowanie

Dobór składników ma wpływ na uzyskanie zakładanej wytrzymałości betonu. Równie ważną, a często zaniechaną rzeczą jest dobór odpowiedniego i prawidłowo przeprowadzonego sposobu formowania. Znany jest fakt, iż przy tych samych składnikach można uzyskać znacznie wyższe parametry wytrzymałościowe betonu poprzez odpowiedni sposób formowania masy betonowej. Mieszanka betonowa powinna odznaczać się także takimi właściwościami, które pozwoliłyby na łatwe ułożenie jej w formach przy zachowaniu jak największej ścisłości po ułożeniu.

Prawidłowo przeprowadzony proces zagęszczania mieszanki betonowej pozwala uzyskać większe wytrzymałości betonu (przy założonej ilości cementu potrzebnej do wytworzenia 1 m³ betonu) bądź pozwala na oszczędności cementu (przy uzyskaniu tej samej, założonej wytrzymałości betonu) [1, 2].

Najbardziej rozpowszechnioną i uniwersalną metodą zagęszczania mieszanki betonowej jest wibrowanie. Zasada działania polega na wywołaniu drgań w mieszance betonowej przez wibrator o małej amplitudzie $A = 0,1 \div 1,0$ mm i o dużej częstotliwości $n = 1500 \div 18\,000$ min⁻¹. Energia drgań wibratora sprawia, że cząstki przesuwają się nieznacznie między sobą (przewyciężając opory tarcia), powodując tym samym zmiany w mieszance, które objawiają się poprzez zwiększoną ciekłość. W wyniku tego dochodzi do samoczynnego zagęszczenia na skutek działania sił ciężkości.

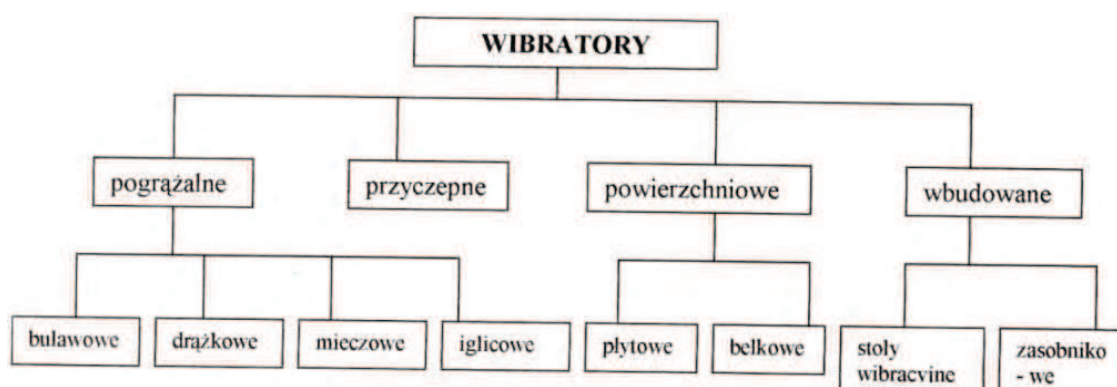
W szczególności dobre wyniki wibrowania osiąga się przy formowaniu mas betonowych o konsystencji wilgotnej i gęstoplastycznej, średnie korzyści - przy wibrowaniu mas betonowych plastycznych, najslabsze - przy masach półciekłych i ciekłych.

2. Zalecenia technologiczne zwiększające jakość nawierzchni

Formowanie mieszanki betonowej poprzez wibrowanie posiada wiele zalet, do których można zaliczyć:

- zwiększenie wytrzymałości betonu przy identycznym składzie mieszanki (wzrost wytrzymałości do 15% w porównaniu z ubijaniem ręcznym),
- zmniejszenie zużycia cementu w granicach od 10 do 15% przy tej samej założonej wytrzymałości,
- poprawę innych cech, takich jak: szczelność, mrozoodporność, odporność na agresję chemiczną,
- lepszą współpracę ze stalą zbrojeniową,
- zmniejszenie ścieralności,
- możliwość formowania skomplikowanych kształtów.

Czas wibrowania zależy w największej mierze od konsystencji i składu mieszanki betonowej oraz od typu wibratora i jego parametrów technicznych. Im mniej plastyczna jest masa betonowa, tym dłuższy jest czas zagęszczania. Klasyfikację wibratorów przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Klasyfikacja wibratorów [3]

Technologia wibrowania poszczególnych elementów konstrukcji monolitycznych musi być dopasowana do rodzaju i wymiarów tych elementów. Przy wibrowaniu należy dawać pierwszeństwo (jeśli to możliwe) wibrowaniu wgłębniemu przed powierzchniowym, a w szczególności przed wibrowaniem wibratorami przyczepnymi.

Podłoża lub płyty betonowe zagęszcza się za pomocą wibratorów powierzchniowych płytowych o różnych wymiarach, przesuwanych po zagęszczanej powierzchni masy betonowej. Przy użyciu wibratorów powierzchniowych następuje współdziałanie wibracji z naciskiem wywołanym ciężarem wibratora. Stosując wibratory powierzchniowe, należy mieć na uwadze, że zdecydowanie najlepsze efekty uzyskuje się przy mieszankach betonowych o konsystencji gęstoplastycznej i plastycznej. Wibratory te oddziałują do głębokości 15÷40 cm zależnie od konsystencji i składu mieszanki betonowej. Wibrator powierzchniowy obsługiwany jest przez jednego pracownika. Wydajność wynosi 30÷40 m²/h przy warstwie o grubości 15÷25 cm.

Przed przystąpieniem do zagęszczania wibratorem powierzchniowym należy podzielić powierzchnię na pasma robocze. Szerokość powierzchni jest uzależniona

od szerokości płyty roboczej wibratora. Kolejne pasma robocze powinny zachodzić na siebie na 3 do 5 cm. Wibrator powinien być przestawiany, a nie przeciągany na kolejne stanowiska. Masę betonową zagęszcza się aż do chwili, gdy na jej powierzchni pojawi się szklista powłoka zaczynu cementowego. Dłuższe wibrowanie powoduje opadanie grubszego kruszywa, osłabiając górną warstwę powierzchni (w szczególności odbije się to na obniżeniu odporności na ścieranie).

Listwy wibracyjne stosowane przy betonowaniu nawierzchni są odmianą wibratorów powierzchniowych. Przy stosowaniu listew należy zwrócić szczególną uwagę na wypoziomowanie i równomierne rozłożenie prowadnic. Prowadnice wyznaczają poziom powierzchni betonowej płyty. Charakterystyki techniczne wibratorów listwowych i płytowych podano w tabelach 1 i 2.

TABELA 1

**Charakterystyki niektórych typów wibratorów listwowych stosowanych w Polsce
(opracowanie na podstawie [4, 5])**

Charakterystyka techniczna wibratorów listwowych								
Wielkości charakterystyczne	Jednostka	Typ						
		LW14	Dynapac BR07	Dynapac BM06	Dynapac BR1-64	Dynapac BR1-64	Tremix SVLB/SVLBM	EVB2
Wymiary listwy								
– długość	m	1500/2000	3200/4000	3200/4000	3000/6000	3000/6000	5200/8000	2000
– szerokość	m	1500/3200	50	50	440	440	300	200
Wymiary gabarytów								
– długość	m	1500/2000	3200/4000	3200/4000	3250/6250	3250/6250	5200/8000	–
– szerokość	m	290	900	900	440	440	300	–
– wysokość	m	380	840	840	560	560	–	–
Moc silnika	kW	0,8	0,25	1,5	0,3	1,7	2,2	0,4

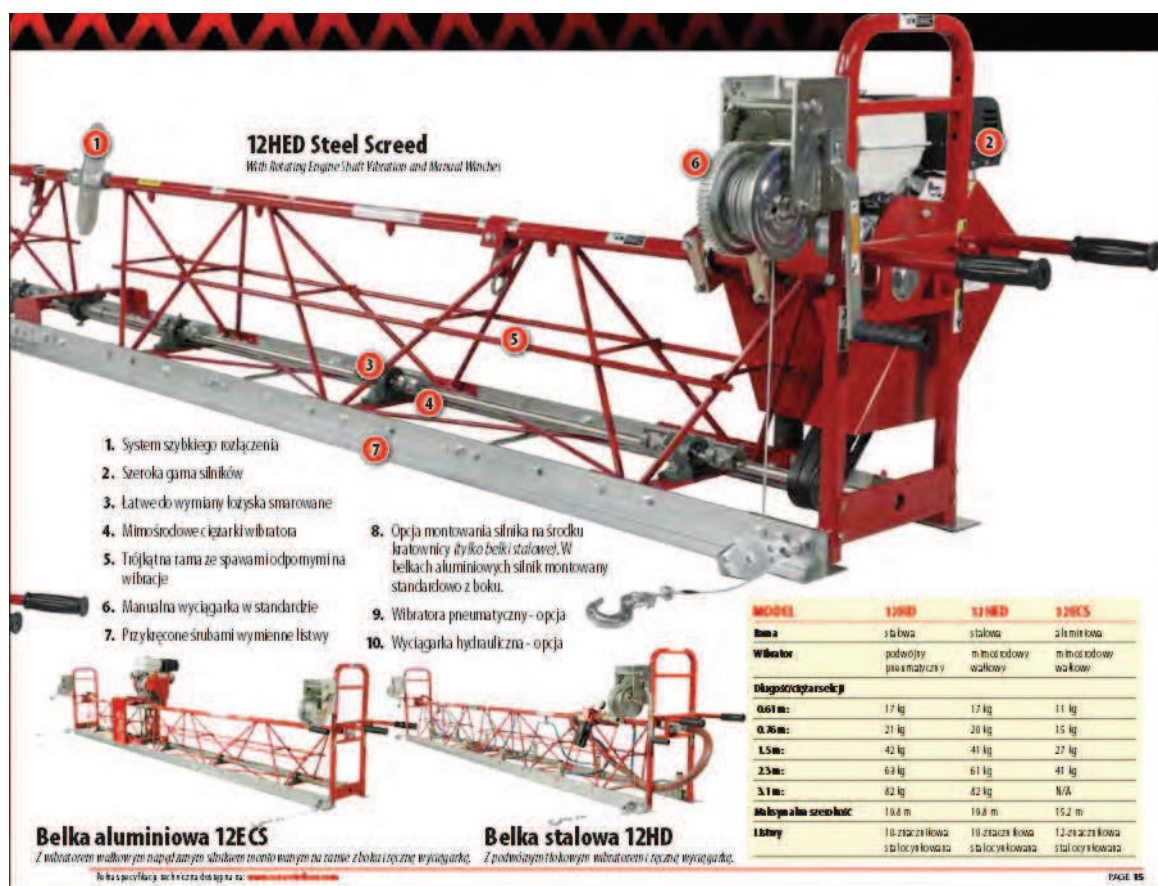
TABELA 2

**Charakterystyki niektórych typów wibratorów płytowych stosowanych w Polsce
(opracowanie na podstawie [4, 6])**

Charakterystyka techniczna wibratorów listwowych						
Wielkości charakterystyczne	Jednostka	elektryczny			spalinowy	
		WP-1	EVPH-600/06	EVPH-600/25	BVNP-75	BVNP-90
Wymiary płyty	mm	500/500	300/600	300/600	500/730	500/880
Częstotliwość drgań	drgań/min	3000	3000	9000	3600	3600
Moc silnika	kW	0,6	0,66	1,7	3,3	3,3
Wydajność techniczna przy zagęszczaniu warstwy o grubości 12÷15 cm	m ³ /h	30÷40	50÷100	50÷100	150/250	250

Na rysunku 2 przedstawiono listwy wibracyjne amerykańskiej firmy Allen. Listwy wibracyjne Allen służą do rozprowadzania, wyrównywania i zagęszczania mieszanki betonowej przy wykonywaniu posadzek betonowych, lastrykowych oraz powierzchni betonowych jezdni. Zapewniają skuteczne zawibrowanie mieszanki betonowej (o opadzie stożka $7 \div 10$ cm) do głębokości 30 cm. Do ich zalet można zaliczyć:

- specjalną konstrukcję kratową wykonaną ze stali, zwiększającą skuteczność wibracji,
- wysoką sztywność konstrukcji listwy, zapewniającą dużą dokładność wykonywanej powierzchni,
- złącza napinające, umożliwiające profilowanie kształtu listwy,
- ręczne lub hydrauliczne wyciągarki, umożliwiające sprawny przesuw listwy,
- możliwość dowolnej konfiguracji z segmentów o długości 1,50 i 2,30 m.



Rys. 2. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego wibratora listwowego
[www.concretetfloor.com]

Listwa spalinowa:

- niezależne zasilanie spalinowe (silnik Honda o mocy 5,5; 8; 11 KM),
- wał napędowy generujący 8000 drgań na minutę,
- maksymalna długość listwy 15 m.

Listwa pneumatyczna:

- wibratory osiągają 9500 uderzeń elementu roboczego na minutę,
- zużycie powietrza przez jeden wibrator ok. 2 l/s, przy ciśnieniu roboczym ok. 0,4 MPa,
- maksymalna długość listwy 20 m.

W układaniu monolitycznych nawierzchni przemysłowych rozróżniamy dwie zasadnicze metody układania:

- metodę wielkich płaszczyzn,
- metodę szerokich i długich pasów.

Metoda wielkich płaszczyzn daje możliwość uzyskania średnich równości nawierzchni. Sterowana laserem, łatwa w manewrowaniu maszyna rozsiewająca wyrównuje i zagęszcza beton dzięki specjalnemu urządzeniu zamontowanemu na końcu teleskopowego wysięgnika. Strumień światła laserowego wytwarzany przez przekaźnik omiata rejon pracy, przekazując informację do maszyny rozsiewającej. Maszyna ta utrzymuje w poziomie niweletę roboczą, co pozwala na utrzymanie odpowiedniego poziomu posadzki. Konstrukcja rozsiewacza pozwala na dokładne dozowanie materiału utwardzającego zgodnie z indywidualnym projektem. Po naniesieniu utwardzacza zostaje wprowadzona technika szybkiego wykończenia powierzchni posadzki. W końcowym etapie posadzka jest napyłana specjalną substancją uszczelniającą, która zwiększa spoiłość i szczelność powierzchni. Cały proces technologiczny jest zakończony w ciągu jednego dnia. Metoda wielkich płaszczyzn nie jest przydatna dla powierzchni mniejszych niż 4000 m².

Metoda wielkich płaszczyzn jest stosowana do nawierzchni hal produkcyjnych i magazynów, gdzie są wymagane niższe standardy równości klas FM2 i FM3, chociaż znane są przypadki uzyskania przez niektórych doświadczonych wykonawców także najniższej kategorii dla ruchu ustalonego - kategorii 2.

Nawierzchnie o wyższych standardach równości, a przede wszystkim nawierzchnie dla ruchu ustalonego kategorii SF i 1, powinny być wykonywane metodą długich pasów. Metoda szerokich i długich pasów daje możliwość uzyskania najwyższych równości powierzchni, odpowiednich dla magazynów wysokiego składowania o obszarach ustalonego ruchu pojazdów. Metoda jest przydatna dla wszystkich wielkości powierzchni od kilkuset do kilkunastu tysięcy m². Do zagęszczania stosuje się pneumatyczną wielopunktową listwę wibracyjną. Dzienna wydajność przy stosowaniu jednej listwy wibracyjnej wynosi od 500 do 800 m². Szacunkowy koszt sprzętu jest około 10 razy niższy niż dla metody wielkich płaszczyzn.

W metodzie szerokich i długich pasów szerokość pasów roboczych wynosi ok. 6 m i dostosowuje się ją do rozstawu słupów. Stanowi to równocześnie o rozstawie szwów roboczych. W magazynach wysokiego składowania, z ustalonymi obszarami ruchu pojazdów, szerokość pasa ogranicza się do 4 m. Naroża przy szalunku lub już położonym pasie nawierzchni są zawsze dodatkowo zagęszczane wibratorem wgłębnym przed oddziaływaniem wibratora listwowego. Zagęszczenia mieszanki betonowej dokonuje się listwą wibracyjną wielowibratorową.

W Wielkiej Brytanii często stosuje się zwiększone szerokości pasów roboczych do 7 i 8 metrów, gdyż wtedy da się umieścić dwa tory ruchu na jednym pasie roboczym, ze szwami roboczymi pod co drugim regałem. Stosuje się ciężkie i sztywne szalunki oraz sztywne listwy wielowibratorowe o konstrukcji kratowej.

Szwamy robocze powinny być usytuowane równoległe do linii regałów. W Wielkiej Brytanii powszechnie stosuje się (w magazynach wysokiego składowania) umieszczanie szwów roboczych pod regałami w odległości nie mniejszej niż 300 mm od linii nóg regałów.

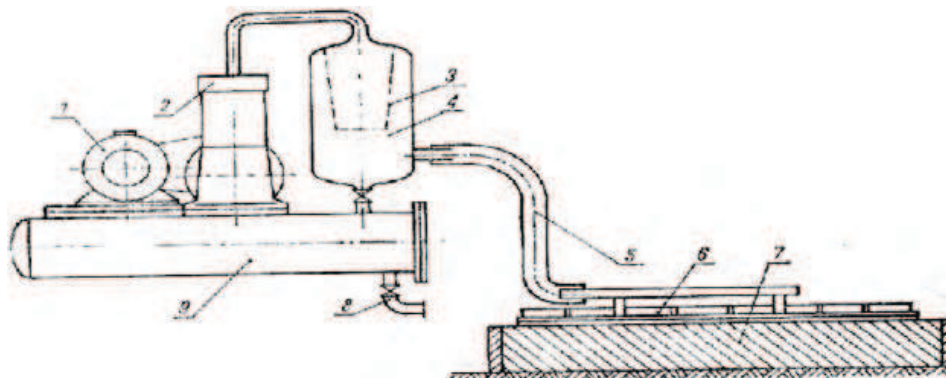
W metodzie długich pasów powszechnie stosuje się ostrokrawędziowe przegubowe łąty, które przeciągane poprzecznie niwelują podłużne fale zostawiane przez listwę wibracyjną.



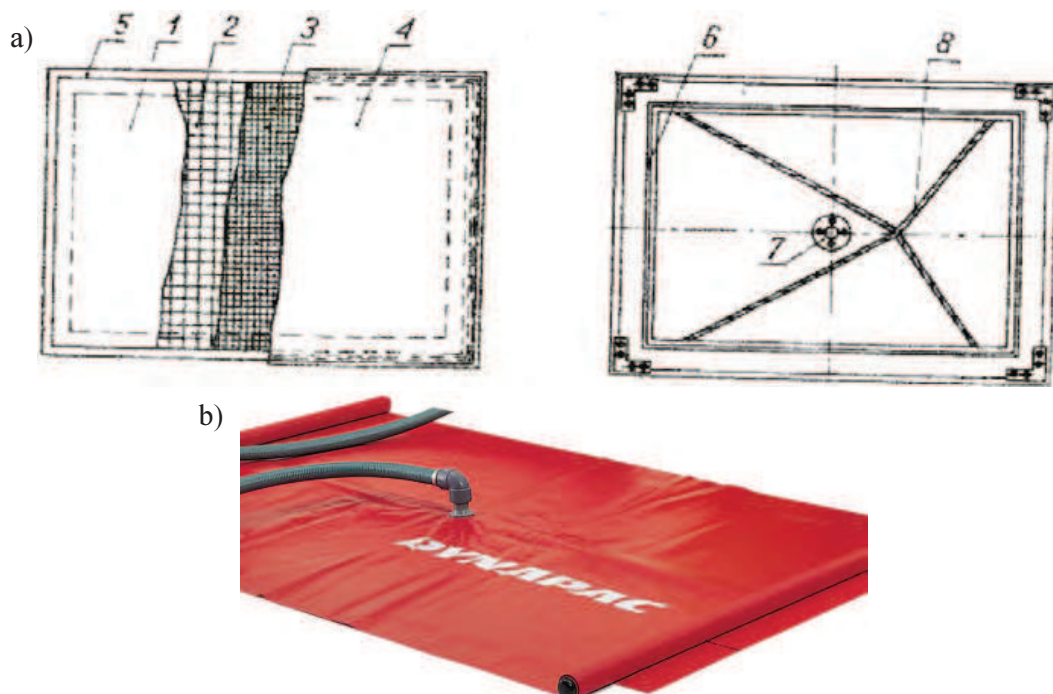
Rys. 3. Przykładowe rozwiązania konstrukcji łąt do poprzecznej obróbki powierzchni wykorzystywane po obróbce powierzchni przez listwę wibracyjną [www.concretetfloor.com]

3. Zwiększenie wytrzymałości przez próżniowanie

Zagęszczenie mieszanki betonowej przez próżniowanie polega na usunięciu nadmiaru wody i powietrza z mieszanki betonowej. Odpowietrzanie płaskich powierzchni odbywa się za pomocą płyt odpowietrzających połączonych z urządzeniem próżniowym. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono schemat zestawu do próżniowania powierzchni z mieszanek betonowych oraz schemat konstrukcji maty odpowietrzającej. Charakterystyki eksploatacyjne zestawów do próżniowania przedstawiono w tabeli 3.



Rys. 4. Schemat zestawu do próżniowania zapraw cementowych z podanymi głównymi zespołami zestawu: 1 - silnik, 2 - pompa próżniowa, 3 - filtr, 4 - komora próżniowa, 5 - rurociąg odsysający, 6 - mata odsysająca, 7 - warstwa zaprawy, 8 - rura spustowa, 9 - zbiornik wody [1]



Rys. 5. Schemat konstrukcji maty odpowietrzającej: a) schemat: 1 - sklejka wodoodporna, 2 - siatka druciana o większych oczkach, 3 - jw., lecz o mniejszych oczkach, 4 - płótno filtracyjne, 5 - obramowanie z kątownika lub ceownika, 6 - dodatkowa ramka usztywniająca od góry, 7 - króciec do przyłączenia przewodu odpowietrzającego, 8 - linki do podnoszenia i opuszczania; b) mata ssąca firmy Dynapac [www.Fld.progres.pl]

TABELA 3

**Charakterystyki eksploatacyjne zestawów do zagęszczania przez próżniowanie
powierzchni formowanych z mieszanek betonowych
(opracowanie na podstawie [7, 8])**

Nazwa parametru	Jednostka	Nazwa i typ zestawu					
		ZREMB- PW77	HOF		Dynapac BA 22	Termix	
			R 100	R 160		P2600E	P4000E
Maksymalna wielkość powierzchni w 1 cyklu	m ³	50	x	x	25	60	70
Natężenie przepływu powietrza zasysanego	m ³ /h	26,5	x	x	x	38,5	51
Podciśnienie	% próżni	98	x	x	95	95	90
Rurociąg ssący:							
– długość	m	20,20	x	x	x	25	25
– średnica	mm	50, 32	x	x	x	30	30
Moc silnika	kW	7,5	2,4	4	5,5	5,5	4,0
Napięcie zasilania	V	380	380	380	380	380	380
Wymiary:							
– długość	mm	1530	x	x	x	1600	1250
– średnica	mm	750	x	x	x	800	800
– wysokość	mm	1220	x	x	x	1600	850
Masa	kg	280	200	270	500	436	186

x - brak danych

4. Czas odpowietrzania

Czas odpowietrzania zależy od konsystencji masy betonowej, jej grubości i temperatury oraz wielkości podciśnienia wytworzonego w płycie odpowietrzającej. Doświadczane czasy odpowietrzenia dla mieszanki betonowej klasy C.10/15, o konsystencji 2÷6 cm opadu stożka normowanego w temperaturze mieszanki w granicach 18÷25°C przedstawia tabela 4.

Przy ciśnieniu wynoszącym 73,2 kPa czas odpowietrzania oblicza się ze wzoru:

$$T_1 = T \frac{P}{P_1}$$

gdzie:

T_1 - obliczany czas odpowietrzania,

T - czas działania obniżonym ciśnieniem (wg danych z tabeli 4),

P - ciśnienie nominalne dla procesu odpowietrzania wynoszące 73,2 kPa,

P_1 - rzeczywiste ciśnienie w płycie odpowietrzającej.

TABELA 4

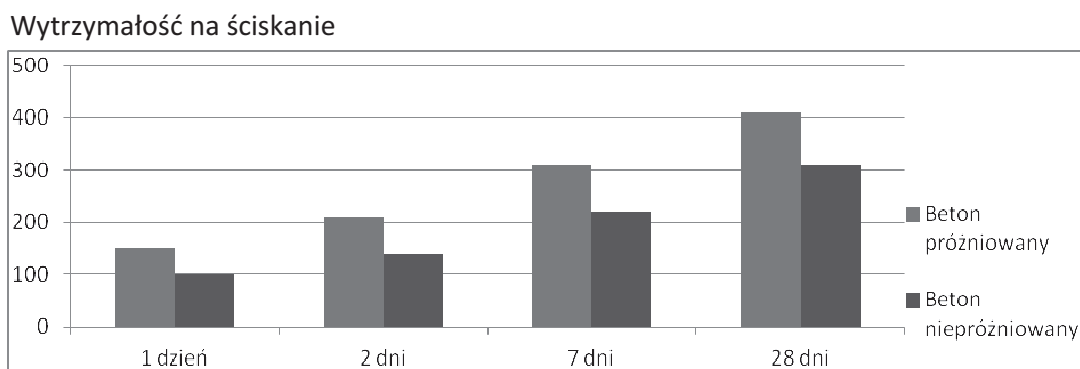
Czas odpowietrzania mieszanki betonowej w zależności od grubości warstwy [8]

Grubość warstwy [cm]	Czas odpowietrzania [min]	Grubość warstwy [cm]	Czas odpowietrzania [min]	Grubość warstwy [cm]	Czas odpowietrzania [min]
1	0,7	11	10,0	21	28,5
2	1,5	12	11,5	22	31,0
3	2,3	13	13,0	23	33,5
4	3,0	14	14,5	24	36,0
5	3,8	15	16,0	25	38,5
6	4,5	16	18,0	26	41,5
7	5,5	17	20,0	27	44,5
8	6,5	18	22,0	28	47,5
9	7,5	19	24,0	29	50,5
10	8,5	20	26,0	30	53,5

5. System TREMIX

Jednym z najbardziej znanych i szeroko stosowanych na świecie systemów próżniowania jest szwedzki system TREMIX. Badania jego efektywności zostały przeprowadzone przez Jutlandzki Instytut Technologiczny w Aarhus (Dania) oraz Instytut Techniczny w Hannoverze (Niemcy). W Polsce zostały opisane przez L. Rowińskiego [6, 8].

Powyższe badania przeprowadzono na płytach grubości 15 cm na betonie C30/35. Konsystencja mieszanki betonowej wynosiła 6 cm stożka opadowego. Działano obniżonym ciśnieniem przez 20 minut, utrzymując 90% próżnię podczas całego okresu jego oddziaływania. Wskaźnik w/c obniżono z 0,6 do 0,48. Wynik w zakresie wzrostu wytrzymałości przedstawiono na rysunku 6 [8].



Rys. 6. Przebieg wzrostu wytrzymałości betonów: próżniowanego i niepróżniowanego [8]

Jak wynika z wykresu (rys. 6), efektem odpowietrzenia mieszanki betonowej jest wzrost wytrzymałości betonu, wyrażający się następującymi wartościami:

- po 28 godzinach wytrzymałość betonu odpowietrzonego była wyższa od analogicznego, jednak tylko wibrowanego o 68%,
- po 2 dobach o 57% wyższa, osiągając 7-dniową wytrzymałość betonu wibrowanego,
- po 6 dniach o 46% wyższa, osiągając 28-dniową wytrzymałość betonu wibrowanego,
- po 28 dniach wytrzymałość betonu odpowietrzanego przekroczyła o 40% wytrzymałość betonu wibrowanego.

Stosowanie próżniowania betonu wpływa znacząco na zwiększenie jego wytrzymałości. Beton odpowietrzany próżniowaniem w stosunku do betonów nieodpowietrzanych zyskuje na zmniejszeniu skurczu, zmniejszeniu nasiąkliwości i mrozoodporności oraz zmniejszeniu ścieralności.

Metoda ta znalazła zastosowanie przy wykonaniu betonowych posadzek przemysłowych. B. Kopyciński podaje, że metoda próżniowania znalazła także szerokie zastosowanie przy wykonywaniu nawierzchni drogowych i rozbiegów lotniczych. Oznacza to, że stosując próżniowanie betonu, można uzyskać wysokie parametry techniczne wykonywanej nawierzchni.

Negatywną stroną procesu próżniowania jest koszt wykonania. Powyższa metoda wymaga wysokich kwalifikacji robotników, użycia specjalistycznego sprzętu i jest technologicznie skomplikowana.

Parametry techniczne wskazują na celowość wykonywania posadzek tą metodą, jednak uwzględnienie parametrów ekonomicznych decyduje o wyborze tej metody przy wykonywaniu betonowych posadzek przemysłowych.

6. Zwiększenie wytrzymałości przez wibropróżniowanie

W metodzie próżniowo-wibracyjnej wykorzystuje się fakt, że wytrzymałość betonu wzrasta ze ściśliwością kruszywa i zaczynu. Ściśliwość kruszywa w masie betonowej można uzyskać przez odpowiedni dobór uziarnienia oraz przez mechaniczne zgęszczanie (np. wibrowanie), natomiast ściśliwość zaczynu można uzyskać poprzez obniżenie ilości wody (oczywiście w określonych granicach).

Metoda wibropróżniowa polega na zagęszczeniu mieszanki betonowej poprzez wibrowanie i odpowietrzanie, dzięki czemu otrzymuje się beton o parametrach wytrzymałościowych większych niż w przypadku zastosowania tylko jednej ze składowych powyższej metody. Wykonanie posadzek według tej technologii pozwala na uzyskanie kilku niewątpliwie ważnych korzyści. Można do nich zaliczyć: zredukowanie zużycia cementu, zwiększenie wytrzymałości na ściskanie oraz zwiększenie odporności na ścieranie. Powyższa metoda pozwala także na uzyskanie równiejszej powierzchni przy jednoczesnym zmniejszeniu liczby spoin. Do głównych wad technologii wibropróżniowania zaliczyć należy konieczność użycia specjalistycznego sprzętu.

Technologia wykonywania wibropróżniowania

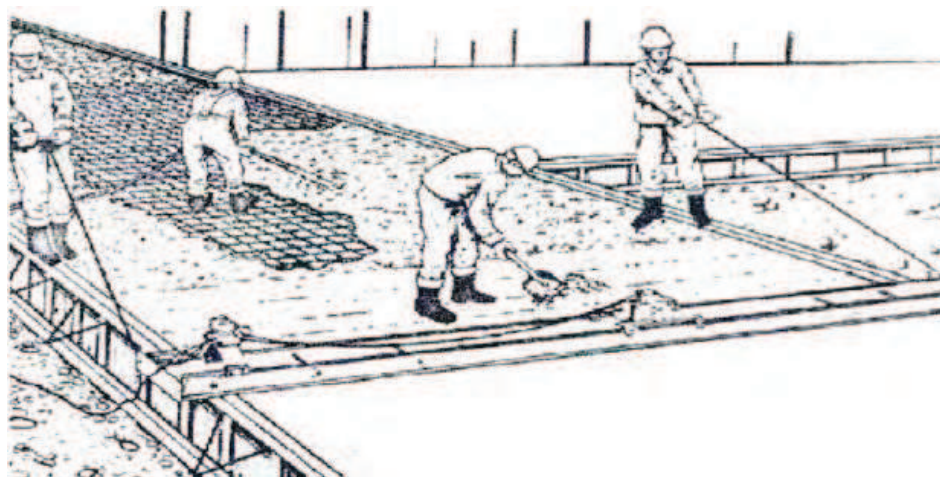
Powierzchnia betonowana wykonywana techniką wibropróżniowania powinna zostać podzielona na odpowiednie pasma pracy, których szerokość będzie zależać od stosowanych urządzeń oraz od rodzaju betonowej konstrukcji. Następnie przygotowuje się zagęszczaną wibratorami pograżalnymi mieszankę betonową. Po zawibrowaniu mieszanki na zabetonowany odcinek wprowadza się listwę wibrującą i za jej pomocą wyrównuje się powierzchnię świeżego betonu. Na tak przygotowanej powierzchni układa się płytę odpowietrzającą i odpowietrza się mieszankę.

Ilość wody, jaka była wprowadzona do mieszanki betonowej, jest ponad 4 razy większa niż ilość wody potrzebna wyłącznie do hydratacji cementu. Po łatwym ułożeniu mieszanki z taką zawartością wody w deskowaniu odciąga się z niej nadmiar za pomocą pompy próżniowej. Uzyskana konsystencja powierzchni pozwala na bezpośrednie zatarcie powierzchni zacieraczką mechaniczną, wyposażoną początkowo w tarczę pełną (zacieranie zgrubne), a następnie w łopatki wygładzające (zacieranie ostateczne).

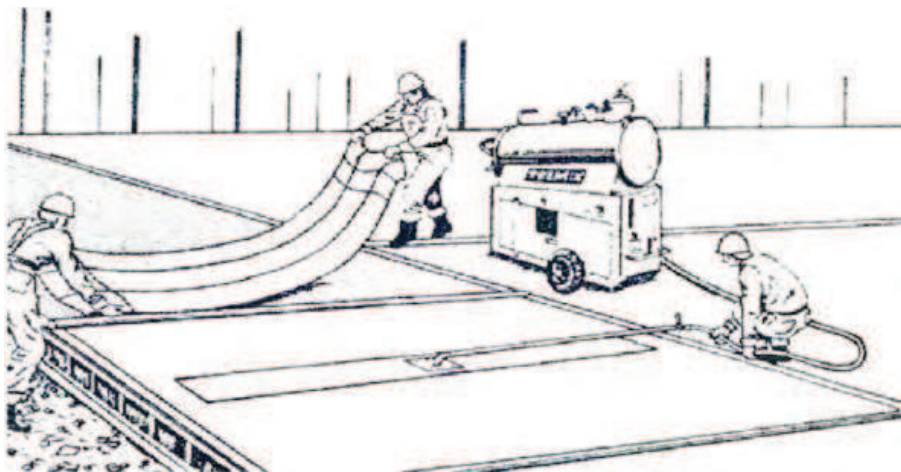
Do głównych zalet odwadniania mieszanki betonowej metodą próżniową można zaliczyć:

- łatwość ułożenia mieszanki betonowej,
- dużą wytrzymałość na ścislenie zaraz po wibropróżniowaniu,
- szybki przyrost wytrzymałości w czasie,
- szczególne właściwości to: wzrost odporności na ścieranie, mniejszy skurcz, wyższa mrozoodporność i mniejsza nasiąkliwość.

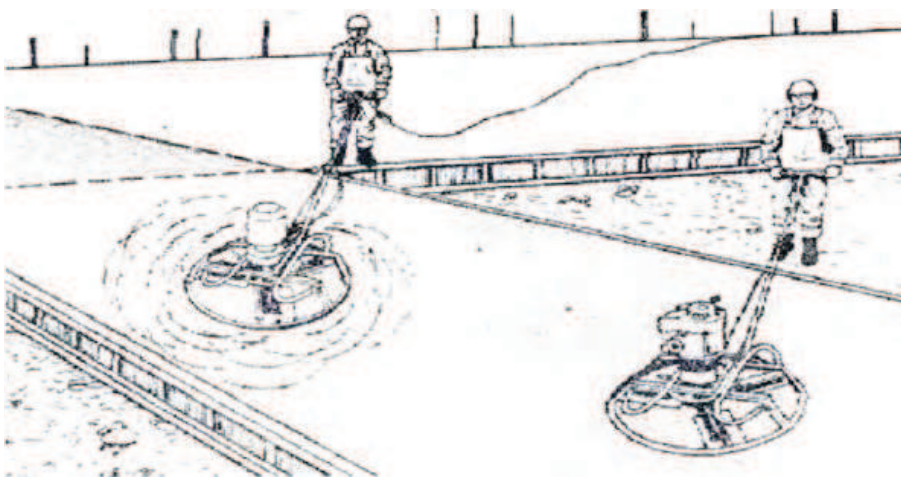
Zasadę wykonywania posadzek i stropów betonowych metodą wibropróżniową pokazano na rysunkach 7-9.



Rys. 7. Zagęszczanie i ściąganie betonu [9]



Rys. 8. Odwadnianie metodą próżniową [9]



Rys. 9. Zacieranie i wygładzanie powierzchni [9]

Według A. Dyżewskiego [7], „wyniki stosowania metody wibroodpowietrzania mieszanki betonowej są wielostronne, gdyż poszczególne metody składowe (wibrowanie i odpowietrzanie) wzajemnie się uzupełniają. Przez zagęszczenie masy betonowej wibrowaniem usuwa się część nadmiaru wody oraz powietrza, co podwyższa wytrzymałość betonu w stosunku do zagęszczonego ręcznie o 15 do 30%, natomiast odpowietrzanie masy betonowej daje w wyniku dalszego jej zagęszczenia oraz usunięcia z masy betonowej znacznej ilości wody zarobowej (10÷15%) oraz powietrza. W końcowym efekcie zabiegi te podwyższają wytrzymałość betonu w stosunku do betonu, który jest tylko wibrowany o około 15÷20% oraz podnoszą mrozoodporność, a w szczególności ścieralność”.

Wnioski

Formowanie powierzchni z mieszanki betonowej poprzedzonej wibrowaniem dogęszcza się przez próżniowanie, tj. zagęszczanie wierzchniej warstwy przez oddziaływanie na strukturę podciśnieniem, które pozwala doprowadzić do wzrostu

wytrzymałości powierzchniowej w przedziale do 15% w porównaniu z innymi technikami powierzchniowej obróbki mieszanki betonowej.

Zabieg taki pozwala na zmniejszenie ilości cementu o 10% przy tej samej założonej wytrzymałości wyrobu. Zabiegi związane z obróbką wibracji powierzchniowej oraz powierzchniowego odpowietrzania przez próżniowanie pozwalają zwiększyć szczelność struktury betonu, jego mrozoodporność, a także odporność na agresję chemiczną.

Opisywane zabiegi technologiczne zwiększają odporność nawierzchni na ścieralność, co stanowi bardzo ważny element przy formowaniu betonowych powierzchni posadzek przemysłowych szczególnie w wielopoziomowych garażach samochodowych, a także wielu innych obiektach przemysłowych.

Literatura

- [1] Linkiewicz C., Technologia robót zmechanizowanych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1992.
- [2] Rowiński L., Organizacja i ekonomika budownictwa, PWN, Warszawa 1976.
- [3] Lenkiewicz W., Technologia robót budowlanych, PWN, Warszawa 1985.
- [4] Banach-Paszkiewicz H., Vademecum projektowania zmechanizowanych robót drogowych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1986.
- [5] Wolski Z., Roboty podłogowe, Arkady, Warszawa 1996.
- [6] Rowiński L., Zmechanizowane roboty budowlane, Arkady, Warszawa 1978.
- [7] Dyżewski A., Technologia i organizacja budowy, Arkady, Warszawa 1981.
- [8] Rowiński L. i inni, Technologia monolitycznego budownictwa betonowego, PWN, Warszawa 1980.
- [9] Rydz Z., Prognozy rozwoju techniki i technologii podłóg przemysłowych, ITB, Warszawa 1976.
- [10] www.concretefloor.com
- [11] www.Fld.progres.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono podstawowe wiadomości dotyczące technik obróbki mieszanki betonowej ułożonej jako posadzka. Dokładnie scharakteryzowano procesy: wibrowania, próżniowania oraz wibropróżniowania, przedstawiając technologię oraz maszyny używane w poszczególnych procesach. Przeanalizowano parametry wytrzymałościowe betonu po obróbce: wibrowaniem, próżniowaniem i wibropróżniowaniem. Na podstawie tego wykazano wibropróżniowanie jako najbardziej efektywną metodę zagęszczania mieszanki betonowej.

Słowa kluczowe: beton, posadzka, wibrowanie, próżniowanie

Elements of building technology of concrete flooring

Abstract

The article presents basic information on processing techniques of concrete mixture laid as a floor. Process of vibration, vacuum process and vibration vacuum process have been characterized in detail, presenting technology and machines used in respective processes. Strength parameters of concrete after treatment with each process have been analysed. According to the analysis, vibration vacuum process was proposed as the most effective method of concrete compaction.

Keywords: concrete, flooring, vibration, vacuum process