**TECHNOLOGIA ROBÓT ZBROJARSKICH I BETONIARSKICH**

**Ocena i obecność zostanie wystawiona na podstawie wykonanych następujących prac:**

 założenie zeszytu i przywiezienie uzupełniony na kurs do CKZ,

 podanie adresu mail i numeru telefonu na podany poniżej mail,

 własnoręczne napisanie do zeszytu notatek 10 zdań z każdego tematu z zamieszczonych materiałów – jako potwierdzenie wysłanie zdjęć wypełnionego zeszytu na podanego maila: asuszek@ckz.swidnica.pl, w razie problemów z przesyłaniem materiałów podaję adres awaryjny [a.j.suszek@wp.pl](mailto:a.j.suszek@wp.pl),

 tematy od 53- 57 oddać w terminie 07.01.2022

 tematy od 58- 61 oddać w terminie 10.01.2022

W przypadku proszę o kontakt telefoniczny- Andrzej Suszek 509 371 401

**Lekcje:**

1. Przerwy robocze w betonowaniu
2. Zagęszczanie ręczne mieszanki betonowej
3. Zagęszczanie ręczne mieszanki betonowej
4. Zagęszczanie mechaniczne mieszanki betonowej
5. Zagęszczanie mechaniczne mieszanki betonowej
6. Dojrzewanie betonu
7. Sposoby pielęgnacji świeżego betonu
8. Sposób obróbki cieplnej betonu;
9. Sposoby pielęgnacji świeżego betonu w zależności od panujących warunków atmosferycznych

**Lekcja 53**

***Przerwy robocze w betonowaniu***

Żelbet posiada wiele zalet, które czynią go doskonałym materiałem do betonowania. Warto wiedzieć, iż wykonane z niego elementy konstrukcji często tworzą jednolitą całość. Taki efekt jest niemożliwy do osiągnięcia w przypadku drewna lub stali. Mimo to nie jest możliwym zabetonowanie całej konstrukcji żelbetowej za jednym razem. Osobno betonuje się fundamenty, słupy, schody, czy też wieńce dachowe.

Z tego też powodu wykonywanie konstrukcji przebiega etapami, natomiast miejsca, w których konkretne elementy są połączone zbrojeniem nazywa się przerwami roboczymi. Dobrze, jeżeli są one zaplanowane.

Przerwy robocze w betonowaniu – co warto wiedzieć?

Co istotne, nie należy wygładzać betonu w miejscu, w którym będą łączyć się elementy. Najlepiej, aby beton w miejscu przerwy roboczej pozostał nierówny i chropowaty. Ponad jego powierzchnię mogą również wystawać ziarna kruszywa. Dzięki nim przerwa robocza będzie lepiej złączona.

Warto wiedzieć, iż dzięki zaplanowaniu prac można zabetonować cały strop monolityczny za jednym razem, nawet w ciągu jednego dnia.

**Lekcja 54-55**

***Zagęszczanie ręczne mieszanki betonowej***

Mieszanki o konsystencji plastycznej i gęsto plastycznej zagęszcza się przez **sztychowanie** poszczególnych warstw mieszanki. Polega to na zagłębianiu w mieszance betonowej prętów zakończonych płaskimi płytkami lub łopatami. Szczególnie dokładnie sztychuje się mieszankę wzdłuż ścian deskowania, zapobiegając w ten sposób powstawaniu **,,raków".**



***Rys.*** *Narzędzia do ręcznego sztychowania*

Mieszanki o konsystencji wilgotnej nie nadaję się do sztychowania, stosuje się wtedy ubijanie drewnianymi lub stalowymi ubijakami o masie 10 - 20 kg. Przy takim ubijaniu mieszankę układa się warstwami grubości 15 - 20 cm. Ubijaki ręczne opuszcza się z wysokości 20 - 30 cm i najdokładniej ubija się blisko deskowania oraz we wszelkich narożnikach. Oprócz wymienionych sposobów zagęszczania ręcznego stosuje się również ostukiwanie. Polega ono na uderzaniu młotkiem drewnianym lub gumowym w listwy deskowania, do których przymocowane są deski lub blaty. Drgania powstałe w wyniku uderzeń powodują lepsze ułożenie mieszanki w formie. Zagęszczanie jest zakończone wtedy, gdy powierzchnia betonu wyrówna się.

***Rys.*** *Młotek gumowy do ostukiwania*

**Lekcja 56-57**

***Zagęszczanie mechaniczne mieszanki betonowej***

Mechaniczne sposoby zagęszczania mieszanki betonowej są następujące:

• wibrowanie,

• próżniowanie (odpowietrzanie),

• wibroprasowanie,

• wirowanie,

• walcowanie.

***Wibrowanie***

Zagęszczanie mieszanki betonowej przez wibrowanie jest obecnie najczęściej stosowane na budowach. Polega ono na przeniesieniu drgań wysokiej częstotliwości z wibratora na mieszankę. Dzięki temu ziarna kruszywa układają sie szczelnie, a powietrze i nadmiar wody zostaję wyparte z mieszanki. Nie wibruje się konsystencji ciekłej, gdyż mogłaby nastąpić segregacja kruszywa. Wibratory mające zastosowanie w budownictwie to:

• wibratory wgłębne (buławowe),

• wibratory powierzchniowe,

• wibratory przyczepne,

• stoły wibracyjne.

***wibratory wgłębne***

***Rys.*** *8.25. Wibrator mechaniczny mimośrodowy*

Wibratory wgłębne (zanurzeniowe) zagęszczają beton przekazując drgania przez zanurzony   
w mieszance betonowej element wibrujący. Drgania rozchodzą się promieniście we wszystkie strony. Taki wibrator składa się z silnika elektrycznego, wału giętkiego oraz wymiennej końcówki roboczej zwanej buławą, Buławy o średnicy 3-10 cm mają zasięg działania odpowiednio 30 - 100 cm (średnio 10 x średnica buławy). Dobór buławy zależy od wielkości elementu wibrowanego. Obecnie na rynku budowlanym jest duży wybór wibratorów. Są to wibratory mimośrodowe, mechaniczne, wahadłowe, pneumatyczne, elektryczne itp.



*Rys. 8.26. Kompaktowe rozwiązanie umożliwiające podłączenie buław o różnej średnicy do przetwornicy elektrycznej o małych gabarytach*

**

*Rys. 8.27. Profesjonalny zestaw do wibrowania betonu przeznaczony do małych zadań*

Sposób wibrowania polega na zanurzaniu wibratora w mieszance betonowej na głębokość do dna deskowania lub 5 – l0 cm w warstwy poprzednio zagęszczoną (przy betonowaniu warstwowym). Następnie należy go powoli pionowo wyciągnąć. Odstęp miedzy punktami,   
w których następuje zanurzenie buławy wibratora, nie powinien wynosić więcej niż 1,5 średnicy zasięgu działania. Powoduje to, ze promienie działania zachodzą na siebie. Grubość warstwy wibrowanej powinna wynosić 30 - 50 cm. Wibratory wgłębne najlepiej zagęszczają mieszankę betonową o konsystencji gęstoplastycznej i plastycznej.



*Rys. 8.28. Schemat pracy wibratora wgłębnego: a) układ szeregowy, b) układ w szachownicę*



*Rys. 8.29. Zagęszczanie mieszanki betonowej wibratorem wgłębnym*

***Wibratory powierzchniowe***

Do zagęszczania powierzchniowego stosuje się płyty zagęszczające i listwy wibracyjne. Zagęszczenie następuje na skutek drgań przekazywanych za pośrednictwem płyty stalowej lub listwy stalowej.



*Rys. Płyta zagęszczająca Rys. Listwa wibracyjna*

***Wibratory przyczepne***

Zagęszczają one mieszankę betonową przekazując drgania przez formę lub deskowanie. Sama nazwa mówi, że są przyczepione (przymocowane) do formy lub deskowania. Stosuje się je   
w zakładach prefabrykacji. Podobnie stoły wibracyjne są urządzeniami stosowanymi jedynie   
w zakładach prefabrykacji.

***Zagęszczanie przez prasowanie***

Prasowanie stosuje się w produkcji elementów o prostych kształtach z mieszanki o konsystencji wilgotnej. Polega ono na wywieraniu nacisku na nawierzchnię betonową wsypaną do maszyny formującej dużą się o nacisku jednostkowym 10 - 20 MPa. Prasy umożliwiają produkcję kilkuset elementów w ciągu 1 godziny. Jednak mieszanka, która będzie prasowana, nie powinna zawierać ziaren większych niż 8 mm.

***Zagęszczanie przez wirowanie***

Polega na nadaniu formowanym elementom dużej prędkości obrotowej. Siła odśrodkowa, która powstaje przy obrocie, dociska składniki mieszanki do ścian formy wirującej. Metodę wirowania stosuje się w produkcji rur, pali i słupów o kształcie zbliżonym do kołowego.

***Zagęszczanie przez próżniowanie***

Można to wykonać, gdy mieszanka ma konsystencję półciekłą lub ciekłą. Po ułożeniu jej   
w deskowaniu odciąga się z tej mieszanki wodę i powietrze. W wyniku wytworzenia próżni pod deskowaniem przemieszcza się woda i pęcherzyki powietrza w kierunku mniejszego ciśnienia. Różnica ciśnień powoduje przemieszczenie się ziaren kruszywa i mieszanki w miarę ubywania wody.

***Walcowanie***

Polega na zagęszczeniu mieszanki przez postępujące za sobą walce. Stosuje się w produkcji prefabrykatów. Jedną z najbardziej rewolucyjnych innowacji w technologii betonu na przestrzeni ostatnich dekad jest beton samozagęszczalny. Stosowanie betonu samozagęszczalnego, czyli niewymagającego zagęszczania, przynosi znaczne korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Beton ten posiada cechy zapewniające szczelne wypełnienie form

lub deskowań nawet przy obecności gęstego zbrojenia. Dzieje się to jedynie pod wpływem własnego ciężaru, z jednoczesnym zachowaniem jednorodności masy. Osiąga się to dzięki:

• zwiększonej zawartości ziaren frakcji pylastej pochodzących z cementu i mikrowypełniaczy,

• zawartości domieszek upłynniających nowej generacji tzw. hiperplastyfikatorów,

• niskiemu współczynnikowi C

*W + D*

W Polsce zastosowanie betonu samozagęszczającego do konstrukcji jest mało popularne ze względu na większy koszt. Ponadto przy nowych technologiach są zawsze pewne obawy popełnienia błędów technologicznych.

**Lekcja 58**

**Dojrzewanie betonu**

W procesie wiązania i twardnienia występują trzy charakterystyczne momenty przebudowy poszczególnych minerałów cementu:

• rozpuszczenie się niektórych minerałów w wodzie,

• hydroliza, czyli reakcja chemiczna minerału z wodą, której towarzyszy rozpad minerału na części składowe.

• uwodnienie (hydratacja), czyli chemiczne przyłączenie wody przez minerał.

Wszystkie wymienione zjawiska oddziaływania wody określa się w praktyce krótko jako hydratację. Hydratacji towarzyszy twardnienie przetworzonych lub nowo utworzonych produktów. Przyjmuje się, że hydratacja trwa od chwili zmieszania cementu z wodą, aż do czasu uzyskania założonego produktu, co powinno nastąpić po 28 dniach. W rzeczywistości proces ten może trwać nawet kilka lat.

Podział procesu dojrzewania na okresy.

Można wyróżnić cztery charakterystyczne okresy w procesie przetwarzania się cementu zarobionego wodą, czyli w procesie dojrzewania.

Okres I – wstępnego dojrzewania. Trwa on od momentu wymieszania cementu z wodą do chwili, którą określa się początkiem wiązania. Początek tego okresu (do 10 minut) nazywa się okresem przedindukcyjnym.

Okres II – trwa od momentu oznaczonego jako początek wiązania do chwili zwanej końcem wiązania i nazywa się okresem wiązania. Określany jest też jako okres indukcyjny i stanowi jego zasadniczą część.

Okres III – trwa do chwili uzyskania przez cement pełnej wymaganej wytrzymałości na ściskanie. Według założeń normowych chwila ta następuje po 28 dniach od momentu zarobienia zaczynu. Okres ten nosi nazwę okresu tężenia. Dla cementów o opóźnionym procesie dojrzewania przyjmuje się 90 dni.

Okres IV – to już okres eksploatacji stwardniałego betonu. W sprzyjających warunkach następuje dalszy, choć bardzo powolny proces tężenia objawiający się wzrostem wytrzymałości Zakres wzrostu wytrzymałości zależy od rodzaju cementu.

**Lekcja 59**

***Pielęgnacji świeżego betonu***

Kiedy świeży beton zostanie wylany, należy chronić go przed szkodliwym działaniem czynników atmosferycznych. Właściwa pielęgnacja „młodego” betonu polega na stworzeniu odpowiednich warunków cieplno-wilgotnościowych w dojrzewającym betonie i tym samym wspomaganie przebiegu hydratacji cementu. Wszystkie procesy związane z pielęgnacją betonu polegają na ochronie świeżo wykonanego betonu przed szkodliwym wpływem promieni słonecznych, wiatru, opadów atmosferycznych, a także wysokich lub niskich temperatur. W zależności od pory roku, pielęgnacja betonu wygląda zupełnie inaczej.

**Lekcja 60**

***Sposób obróbki cieplnej betonu***

Okres twardnienia betonu

Zazwyczaj chcemy skrócić czas twardnienia betonu, żeby szybciej pojawiła się rotacja kształtów oraz zniwelować płaszczyznę produkcyjną fabryki. Tak samo jak w budowlach monolitycznych, głównie używa się naparzania niskoprężnego. Da się je rozdzielić na cztery etapy:

-chłodzenie betonu do temperatury jaka jest w otoczeniu,

-podgrzewanie betonu do wcześniej określonej temperatury,

-odpowiednie naparzanie betonu,

-dojrzewanie początkowe.

Dojrzewanie i chłodzenie betonu

Pompowanie betonu przy niskich temperaturach 01

Dojrzewanie początkowe powinno delikatnie i równo nagrzewać prefabrykaty w początkowym etapie wiązania cementu. Bywa to na tyle ważne, że w momencie wzrastania temperatury, pojawiają się poprzez nierównego nagrzewania zewnętrznych czy środkowych rzędów betonu, sytuacje jakie przyczyniają się pojawianiu się rys i szczelin.

Dojrzewanie początkowe

Dojrzewanie początkowe nie jest wykorzystywane w przypadku betonów z cementu hutniczego. Zaś dla betonów portlandzkich okres początkowego dojrzewania to około 4-6 godzin, ale na pewno nie może to być poniżej jednej bądź dwóch. Te okres musi pozwolić betonowi osiągnąć wytrzymałość 0,3-0,5 MPa, jaka pozwoli betonowi skierować gdzieś indziej naciągnięcia spowodowane różnicą temperatur. Początkowe dojrzewanie zachodzi w temperaturze około 25-30°C. Podgrzewanie do zakładanej temperatury musi zachodzić wolno i bez przerw. Szybkość unoszenia temperatury nie może być większa dla części ciężkich 20°C/h, a dla cienkościennych dużowymiarowych 25° C/h. Wartości nagrzewania odpowiedniego zakłada się poprzez eksperymenty i badania. Temperatura odpowiedniego naparzania dla betonów portlandzkich musi mieścić się w około 80°C, a hutniczych o dziesięć więcej. Okres nie spadania tej temperatury to około 4-8 godzin.

Chłodzenie betonu

Chłodzenie betonu do temperatury jaka panuje dookoła ma zbliżoną rolę do dojrzewania początkowego. W przypadku za prędkiego schłodzenia pojawią się duże rozbieżności temperatur w różnych rzędach betonu jakie sprawiają niepożądane naciągnięcia w środku. Prędkość chłodzenia musi być dla prefabrykatów niewystających i cieniutkich 35°C/h, a dla tych cięższych 30°C/h. Komory służące do naparzania można skategoryzować na te działające okresowo i metodą stałą.

Te pierwsze robi się zazwyczaj jako pokrywy blokowe, jakie zwykle rozmieszcza się w sterty i złącza wężami gumowymi do kotła. Komory stałe robi się zwykle jako dołki lekko lub w pełni wgłębione w teren. Doły do naparzania posiadają ze wszystkich stron mury pełne, ale z wierzchu są okrywane pokrywami jakie można ściągnąć w dowolnym momencie. Mury komory można murować cegłą i tynkować zaprawą cementową, lub robić je z betonu. Pomiary komory są zależne od typu wytwarzanych w niej prefabrykatów. Para tworzona jest zwykle przy skorzystaniu z perforowanego rurociągu o przekroju 40-50mm z dziurami 3-4mm w odległościach od siebie blisko 200mm. Prefabrykaty umieszcza się w komorze po usunięciu okrywy przy skorzystaniu z przyrządów dźwigowych.

Przyśpieszanie dojrzewania betonu

Jak chcemy przyśpieszyć dojrzewanie betonu możemy skorzystać z procesu cieplnej obróbki kontaktowej. Chodzi w niej o podgrzanie, zwykle przy użyciu pary, płaszczyzn czy matryc, na jakich kształtuje się części. Sposób taki da się wykorzystywać głównie do nagrzewania prefabrykatów cienkościennych. W przypadku części grubszych potrafią pojawić się zagrażające rozbieżności temperatur poprzez mocne nagrzewanie się rzędów bezpośrednio zestawionej z matrycą. Temperatura nagrzewania różni się w zależności od typu cementu. Betony portlandzkie nagrzewa się maksymalnie do 60-70°C, a hutnicze do 70 °C.

Naparzanie pod wysokim ciśnieniem, pozwoli na uzyskanie dokładniejszych wyników niż naparzanie pod ciśnieniem niskim. W dużej temperaturze pary pojawi się lepszy przyrost odporności betonu oraz widocznie zwiększenie odporności finalnej. Poprzez korozję stali i pojawienie się naciągnięć wśród betonu i stali autoklawizacja nie bywa używana w przypadku części żelbetowych.

**Lekcja 61**

***Sposoby pielęgnacji świeżego betonu w zależności od panujących warunków atmosferycznych***

W okresie letnim świeżo wylany beton pod wpływem słońca i wysokich temperatur jest szczególnie narażony na przesuszenie. Beton pielęgnujemy na mokro, polega to na utrzymaniu całej powierzchni betonu w stanie mokrym/wilgotnym poprzez systematyczne spryskiwanie i polewanie go wodą.

Ważne jest, aby we wczesnej fazie dojrzewania betonu, kiedy jego powierzchnia jest jeszcze słaba – nie uszkodzić jej zbyt mocnym strumieniem wody. Jeżeli będzie zbyt niska tempera, wody może to doprowadzić do powstania szoku termicznego i uszkodzeń betonu.

bardzo dobrym rozwiązaniem jest pielęgnacja betonu na mokro połączona z przykrywaniem powierzchni betonu materiałami chłonnymi – można tutaj stosować różnego rodzaju maty i włókniny, co przedłuży znacznie okres odparowania wody, zmniejszając tym samym konieczną częstotliwość polewania wodą.

Innym sposobem pielęgnacji betonu w okresie lata jest stosowanie specjalnych powłok uniemożliwiających odparowanie wody z betonu. Można w tym celu zastosować arkusze folii polietylenowej lub rozpylenie powłoki chemicznej na bazie żywicy lub parafiny. W przypadku stosowania arkuszy i mat należy pamiętać o ich dodatkowym zabezpieczeniu przed możliwością zerwania przez wiatr.

Stosowanie powłok ma też swoje wady. Może np. utrudnić późniejsze nanoszenie np. powłok malarskich. Niezależnie od tego, jaki sposób pielęgnacji betony wybierzemy, w okresie letnim dobrze jest, aby czas ochrony betonu trwał minimum 3 dni. Czas ten należy dodatkowo wydłużyć w sytuacji, gdy występują szczególnie niekorzystne warunki atmosferyczne, lub gdy w składzie betonu jest duża ilości dodatków mineralnych lub środków opóźniających wiązanie.

W pracach przy betonowaniu w obniżonych temperaturach, możemy spotkać się z zjawiskiem spowolnienia procesów wiązania oraz twardnienia betonu. Aby temu przeciwdziałać, należy stosować cementy o wysokim cieple hydratacji. W okresie zimowym, dobrze jest stosować mieszanki betonowe bogate w cement oraz charakteryzujące się obniżonym stosunkiem wodno-cementowym.

Ponadto, dobrym rozwiązaniem jest podgrzewanie składników betonu, głównie kruszywa i wody. Częściowo pomaga także stosowanie odpowiednich domieszek chemicznych (przeciwmrozowych i poprawiających reologię mieszanki betonowej). W warunkach obniżonych temperatur należy chronić wykonane elementy przed utratą ciepła technologicznego, a świeży beton zabezpieczyć przed zamarznięciem wody zarobowej.

Trzeba pamiętać o przykryciu elementów betonowych odpowiednimi osłonami zewnętrznymi np. płachtami brezentowymi, matami słomianymi, płytami styropianowymi lub wełną mineralną. W początkowym okresie dojrzewania betonu można rozważyć również dostarczenie ciepła dodatkowego np. za pomocą nagrzewnic. Rozwiązanie takie wymaga jednak szczególnej ostrożności – należy pamiętać aby nie zaszkodzić betonowi poprzez przesuszenie powierzchni czy też wytworzenie zbyt dużej różnicy temperatur w betonie, co może powodować jego pękanie.