

Opracowanie zagadnień na

egzamin ustny na uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Wydanie 1, kwiecień, 2024

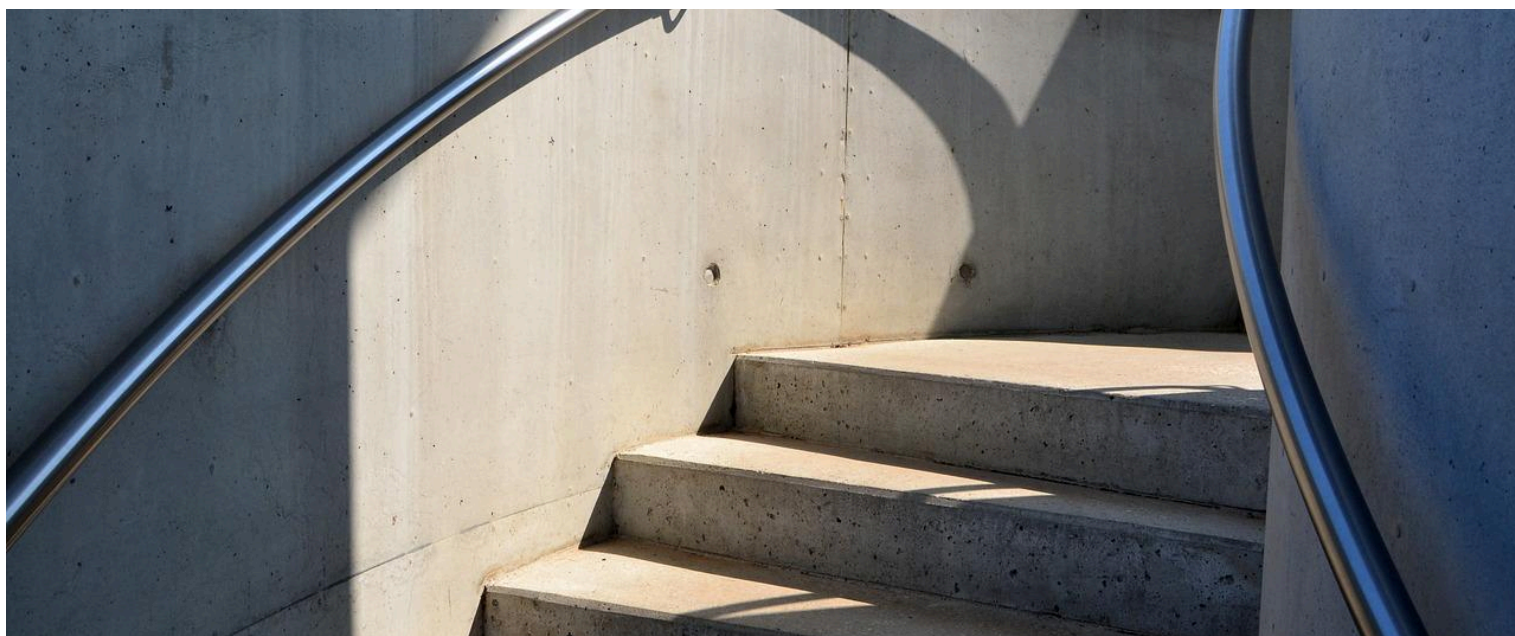
Tom I

**Najczęściej pojawiające się
pytania na egzaminie!**

Roboty ziemne

Technologia betonu

Konstrukcje betonowe i żelbetowe



wersja demonstracyjna

Ten ebook zawiera demonstracyjny fragment opracowania

Jeżeli chcesz otrzymać pełną wersję zapraszamy do
naszego sklepu:

sklep.uprawnieniabudowlane.app

Demonstracyjny fragment opracowania może być kopiowany, oraz dowolnie rozprowadzany tylko i wyłącznie w formie dostarczonej przez Wydawcę. Zabronione są jakiegokolwiek zmiany w zawartości publikacji bez pisemnej zgody Wydawcy. Zabrania się jego odsprzedaży.

Jesteś na dobrej drodze!

Jeżeli to czytasz to zakładam, że przygotowujesz się do egzaminu na uprawnienia budowlane. Gratulacje! Kariera inżyniera jest pełna wyjątkowych przeżyć i satysfakcji z wykonywanej pracy. Czasem wymaga poświęceń, ale to inżynierowie kształtują przestrzeń w jakiej żyjemy. Dziękuję, że Ty również zdecydowałeś się być tego częścią!

Przygotowując się do egzaminu poświęciłem setki godzin na opracowanie zagadnień. Po kilku latach zebrałem swoje notatki, uaktualniłem, poprawiłem i zebrałem tutaj. Jestem przekonany, że dzięki nim zaoszczędzisz ogrom swojego nieodnawialnego zasobu: czasu, przygotowując się do egzaminu. Powodzenia!

Damian

W opracowaniu podano wiedzę z zakresu budownictwa ogólnego. Opracowanie jest przeznaczone dla osób przygotowujących się do egzaminu ustnego na uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno budowlanej, zarówno w zakresie projektowym jak i wykonawczym. Przy poszczególnych pytaniach zaznaczono, jeżeli dotyczą jedynie wybranych z tych zakresów.

W opracowaniu wykorzystano, na podstawie prawa cytatu zgodnie z Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych, opracowania techniczne i naukowe z dziedziny budownictwa, każdorazowo podając źródło. Fragmenty opracowań użyte zostały w celach naukowych i poparte zostały wyjaśnieniami oraz analizą.

Opracowanie zawiera utwory chronione prawem autorskim. Ani całe opracowanie, ani żaden jej fragment nie mogą być w żaden sposób kopiowane w celu ich rozpowszechniania. Nie wolno rozpowszechniać kopii opracowania za pomocą żadnych urządzeń mechanicznych lub elektronicznych i innych, w tym nie wolno zamieszczać tego opracowania lub jego fragmentów w postaci cyfrowej w internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadaczy praw autorskich.

© Copyright by [uprawnieniabudowlane.app](#) Sp. z o.o., Warszawa 2024

Opracowanie
Damian Piorun

Zdjęcie na okładce
Image by [János Bencs](#) from [Pixabay](#)

Spis treści

Roboty ziemne.....	6
Pytania.....	6
Sposoby zabezpieczenia ścian wykopów.....	6
Ściany szczelne.....	6
Obudowa berlińska.....	9
Obudowa paryska.....	10
Palisady.....	11
Ścianka z kolumn wykonywanych metodą iniekcji strumieniowej.....	12
Sposoby zabezpieczenia wykopów przed wodą gruntową.....	12
Drenaż płytowy.....	12
Izofiltry.....	18
Elektrodrenaż.....	21
Odcięcie bezpośredniego napływu wody.....	22
Rodzaje koparek (w zależności od osprzętu).....	23
Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.....	24
Pytania.....	24
Rodzaje konsystencji masy betonowej.....	25
Klasy konsystencji betonu.....	25
Metody pomiaru konsystencji betonu.....	26
Metoda opadu stożka.....	26
Metoda stopnia zagęszczalności.....	27
Metoda stolika rozpliwowego (metoda rozpliwu).....	27
Metoda rozpliwu stożka.....	28
Metoda oznaczenia stopnia zagęszczalności.....	29
Konsystencja betonu metodą specjalną.....	29
Zalecane metody oznaczania konsystencji betonu.....	30
Proces zagęszczania mieszanki betonowej.....	30
Rodzaje wibratorów do zagęszczania mieszanki betonowej.....	31
Sposoby zagęszczania mieszanki betonowej.....	31
Prasowanie.....	31
Wibrowanie.....	31
Odpowietrzanie próżniowe - próżnowanie.....	32
Oznaczanie cementu.....	34
Domieszki do betonów.....	36
Typy domieszek:.....	37
Przykłady zastosowań domieszek.....	37
Zasady układania mieszanki betonowej w deskowaniu lub w formie.....	38
Zagęszczaniu mieszanki betonowej wibratorem wgłębnym (buławowym).....	39

Zasady postępowania przy wykonywaniu robót betoniarskich w okresie obniżonych temperatur.....	40
Klasy ekspozycji betonu.....	42
Tabela: Klasy ekspozycji betonu wg EN-206.....	42
Uszkodzenia powstałe w wyniku oddziaływań.....	45
Wymagania dotyczące mieszanek betonowych.....	45
Wymagania betonu w zależności od klasy ekspozycji.....	46
Zastosowanie normy EN 206.....	47
Specyfikacja betonu.....	47
Specyfikacja betonu projektowanego.....	47
Specyfikacja betonu recepturowego.....	48
Specyfikacja normowego betonu recepturowego.....	49
Dowód dostawy betonu towarowego.....	49
Kontrola i kryteria zgodności według normy EN 206.....	50
Kontrola zgodności wytrzymałości betonu na ściskanie.....	51
Kontrola zgodności wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu.....	52
Kontrola zgodności właściwości betonu innych niż wytrzymałość.....	52
Czynniki decydujące o przydatności cementów, stosowanych do wyrobu mas betonowych.....	56
Podstawowa charakterystyka betonu projektowanego w postaci skróconej.....	56
Zakres identyfikacji kruszyw lekkich stosowanych do betonów i zapraw.....	57
Wartość gęstości kruszyw lekkich pochodzenia mineralnego.....	57
Beton hydrotechniczny.....	58
Pytania.....	58
Podstawowe wymagania dla betonu hydrotechnicznego.....	58
Określanie wymaganego stopnia wodoszczelności betonu.....	62
Stopień mrozoodporności betonów hydrotechnicznych.....	62
Kryteria doboru cementu do betonów w masywnych konstrukcjach hydrotechnicznych.....	64
Konstrukcje żelbetowe.....	66
Pytania.....	66
Osobliwość teorii płyt.....	67
Wzmacnianie konstrukcji budowlanych materiałami kompozytowymi FRP.....	67
Taśmy kompozytowe.....	67
Maty i siatki kompozytowe.....	68
Współpraca betonu wylanego w różnym czasie.....	68
Zasady konstruowania zbrojenia stropów płytowo-słupowych na przebiecie.....	69
Grubość otulenia zbrojenia betonem.....	71
Minimalna grubość otulenia.....	71
Minimalne otulenie ze względu na przyczepność – $C_{min,b}$:.....	71
Minimalne otulenie ze względu na warunki środowiska $C_{min,dur}$:.....	72
Uwzględnienie odchyłek otulenia w obliczeniach ΔC_{dev} :.....	72

Odległości między przerwami dylatacyjnymi konstrukcji betonowych i żelbetowych poddanych wahaniom temperatury zewnętrznej.....	72
Minimalne grubości płyt stropowych żelbetowych.....	73
Minimalna średnica podłużnych prętów w belkach żelbetowych.....	73
Minimalne zbrojenie belki (oraz płyty).....	74
Minimalne zbrojenie ze względu na zarysowanie.....	74
Minimalne pole zbrojenia podłużnego ze względu na kruche zniszczenie betonu...	74
Zasady konstruowania żelbetowych płyt krzyżowo-zbrojonych wolno-podpartych.....	75
Projektowanie konstrukcji żelbetowych ze względu na skurcz.....	77
Podstawowe czynniki decydujące o wielkości skurczu i pęcznienia betonu.....	80
Strzemiona podwójne w słupach.....	82
Według PN EN 1992-1-1.....	82
Według PN-B-03264.....	83
Przykład oceny doboru strzemion w słupie.....	84
Stany graniczne użyteczności.....	85
Kombinacje obciążeń dla stanu SLS.....	85
Graniczne wartości ugięć dla belek i płyt żelbetowych.....	88
Minimalne odległości poziome i pionowe między prętami lub warstwami prętów w konstrukcjach żelbetowych.....	88
Kotwienia prętów zbrojenia rozciąganego elementów żelbetowych zamocowanych w murze.....	89
Sposoby spajania prętów zbrojeniowych.....	92
Rodzaje połączeń spajanych.....	92
Zakres stosowania.....	93
Zbrojenie schodów żelbetowych.....	94
Schody płytowe.....	94
Schody płytowo-belkowe.....	97
Schody wspornikowe.....	98
Schody prefabrykowane.....	99

Roboty ziemne

Pytania

1. Wykopy - wymień oraz opisz sposoby zabezpieczenia ścian wykopów.
2. Wymień i opisz sposoby zabezpieczenia wykopów przed wodą gruntową.
3. Proszę wymienić rodzaje koparek (w zależności od osprzętu).

Sposoby zabezpieczenia ścian wykopów

Przez pojęcie zabezpieczenia należy rozumieć konstrukcję utrzymującą ścianę przed utratą stateczności. Główne rodzaje obudów wykopów i ich procentowy udział wśród stosowanych na świecie [2] jest następujący: [1]

- ściany szczelne – 19%,
- obudowa berlińska – 8%,
- ścianka z grodziec stalowych – 5%,
- palisada z pali lub mikropali – 48%,
- ściany z kolumn wykonanych metodą iniekcji strumieniowej – 8%,
- ściany gwoździowane – 1%,
- inne (np. kolumny DSM – deep soil mixing) – 11%.

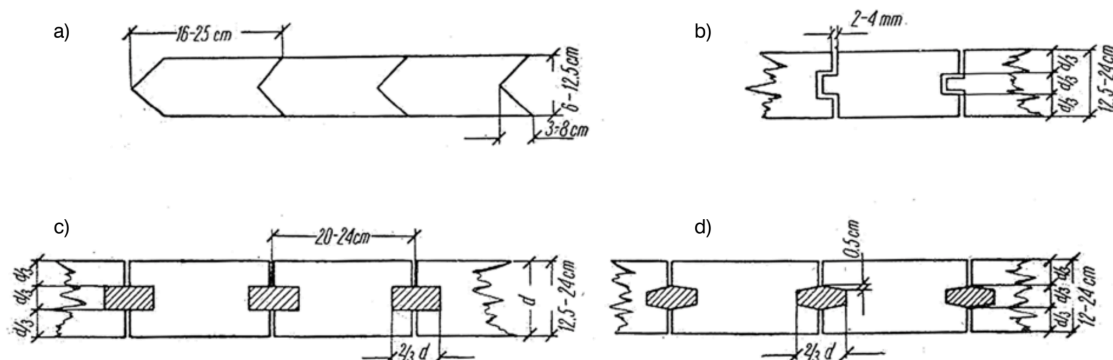
Stateczność obudowy głębokiego wykopu uzyskuje się stosując rozpory, kotwy gruntowe lub stropy kondygnacji podziemnych.

Ściany szczelne

Ścianki szczelne są powszechnie stosowane przy fundamentowaniu, także jako stałe elementy fundamentów wielu budowli. Zastosowanie ścianki szczelnej powoduje także oprócz odgradzenia od wody wydłużenie średniej drogi filtracji i zmniejszenie średniej wartości spadku hydraulicznego, a tym samym prędkości filtracji i ciśnienia spływowego. Przyczynia się także do zwiększenia szczelności pod podstawą fundamentu. [1] W posadowieniach bezpośrednich, na gruntach nawodnionych, powoduje wygradzenie podłoża obciążonego (zwłaszcza w piaskach drobnych i wodach gruntowych ruchomych, które mogą spowodować wypłukiwanie drobnych ziaren gruntu spod podstawy fundamentu) [3].

Ścianki szczelne są konstrukcją składającą się z brusów, tj. podłużnych elementów drewnianych, stalowych lub żelbetowych zapuszczonych w grunt, najczęściej przez wbijanie oraz z zamków, których kształt zależy od materiału brusa. Zamki służą do uszczelniania ściany. [1] Ścianki szczelne dzielą się na prowizoryczne (służące do zabezpieczania wykopów w robotach ziemnych i fundamentowych) oraz stałe (które są częścią konstrukcji fundamentu czy obiektu np. nabrzeże płytowe lub stanowią stałe zabezpieczenie przed przepływem wody w obrębie budowli piętrzących albo przed podmyciem podpór mostowych [4]. Rozróżnia się kilka rodzajów ścian szczelnych ze względu na rodzaj materiału:

Ściany szczelne drewniane: wykonuje się z zastosowaniem pali kierujących i bez takich pali. [1]



Rys. Łączenie ścian szczelnych drewnianych [3]

Ściany szczelne stalowe: są stosowane, gdy zachodzi potrzeba uzyskania większej szczelności lub gdzie obliczenia wskazują na duże momenty zginające, a także gdzie wykopy sięgają ponad 12 m. [1]

a)

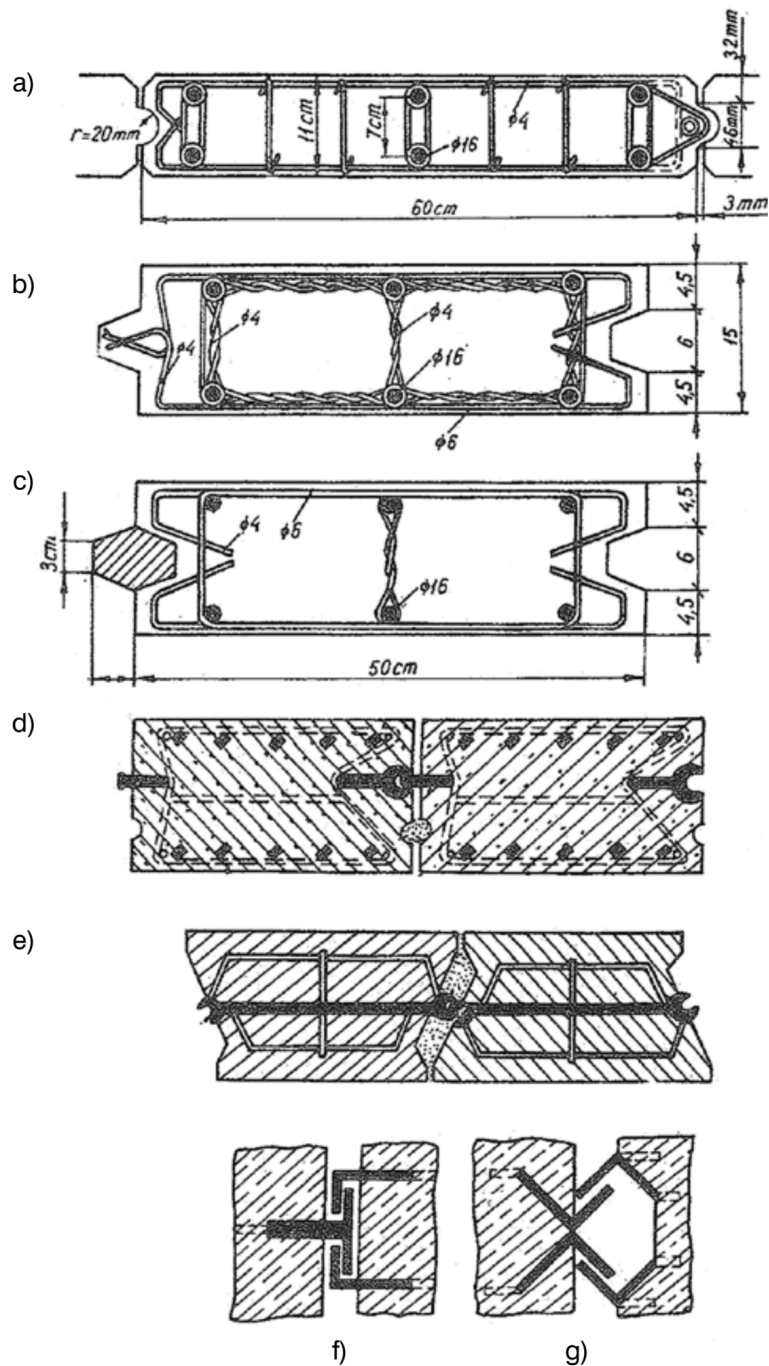
Profile płaskie	
Lacka-wanna	
Profile korytkowe	
Larssen	
Ransome	
Terre rouge	
Profile zetowe	
Hoesch	
Krupp	
Klöckner (z pojedyn.)	
Klöckner (z podwójnych)	
Lacka-wanna	
Lacka-wanna	
Profile skrzynkowe	
Petne	
Union	

b)

Zamki	
Lacka-wanna	
Larssen	
Hoesch	
Klöckner pojedynczy	
Klöckner podwójny	
Krupp	
Petne	

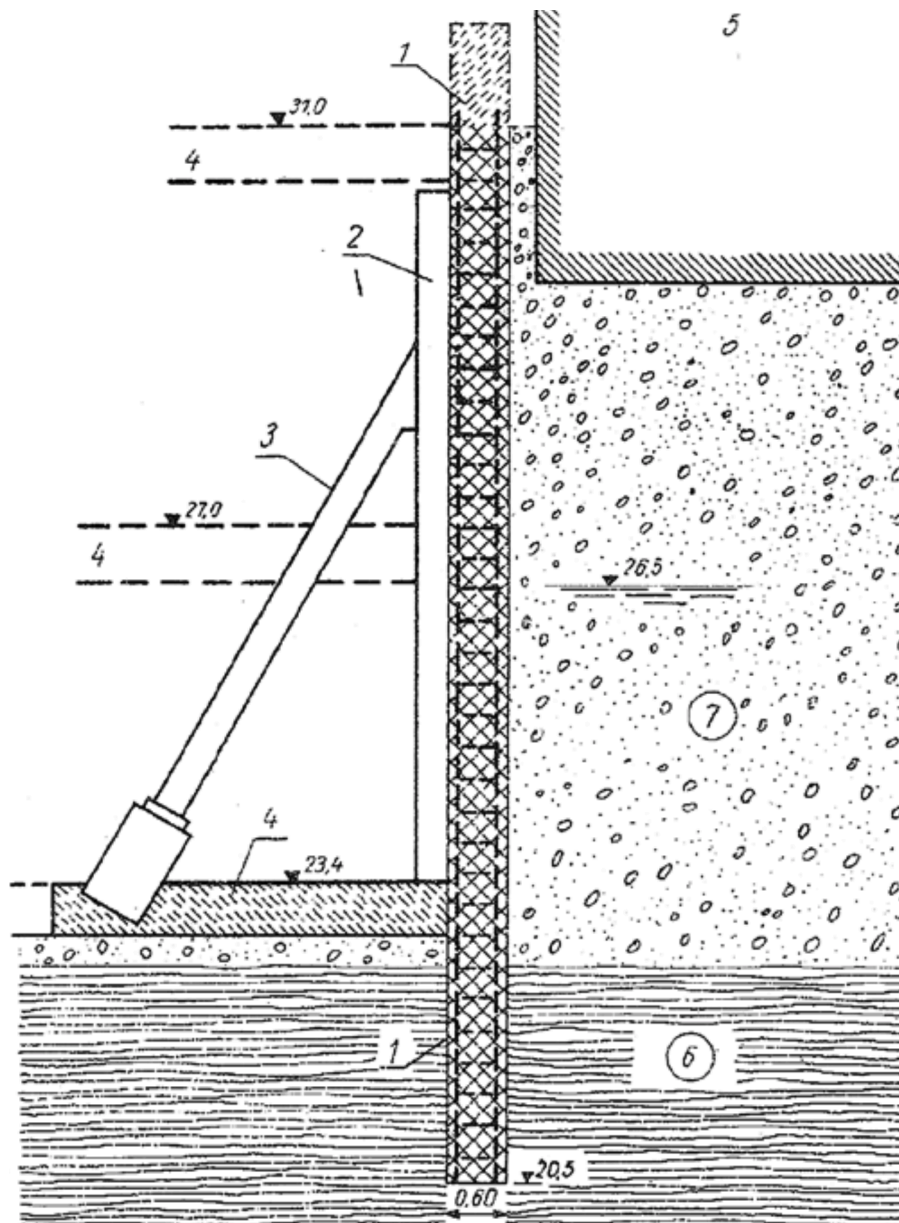
Rys. Stalowe ścianki szczelne: a) profile b) zamki [3]

Ściany szczelne żelbetowe: stosowane są zwłaszcza do konstrukcji trwałych, tj. gdy mają pozostać w gruncie jako część fundamentu, a w gruncie nie istnieją przeszkody w formie starych murów, wielkich głazów, wody nie są agresywne lub wskutek zmiennych poziomów wód gruntowych nie można użyć ścianek drewnianych. [1]



Rys. Przekroje poprzeczne bruzów żelbetowych [4]

Ścianki szczelinowe: ścianki szczelne, które stanowią element konstrukcyjny posadowienia, zatem są elementem nośnym, mogą stanowić sposób fundamentowania zastępujący posadowienie pośrednie na palach. Mają wówczas znaczną grubość (0,60–1,20 m). [1]

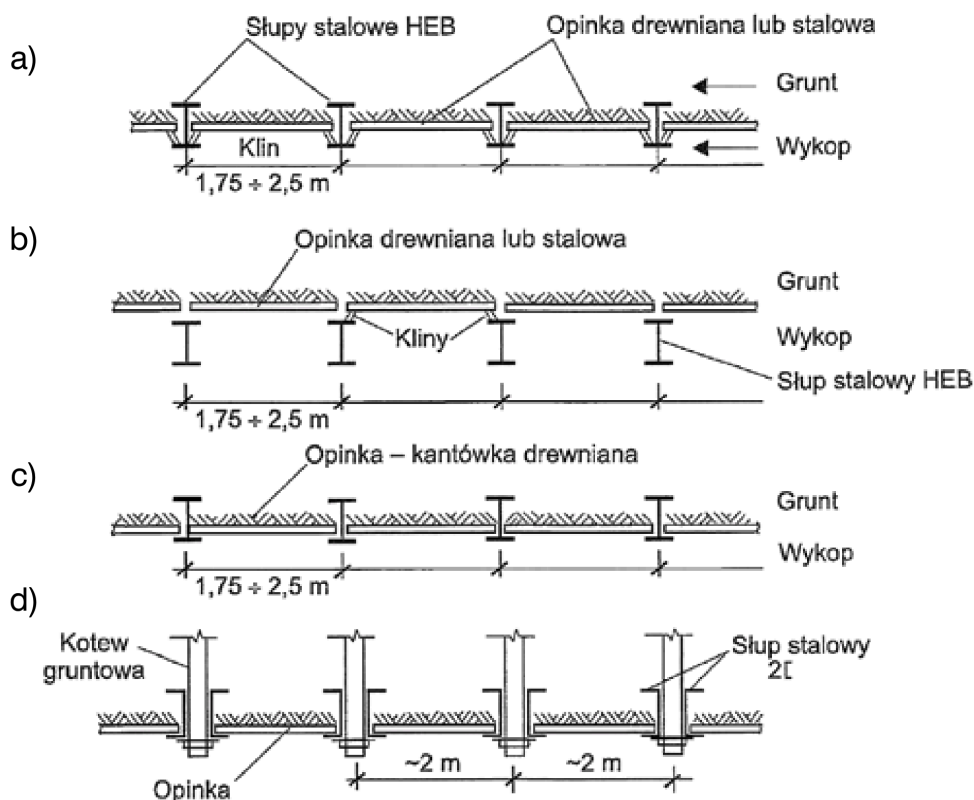


Rys. Ściana szczelinowa zbrojona, podparta przyporami od strony wykopu [4]

Obudowa berlińska

Obudowa berlińska jest to tymczasowa obudowa wykopu, wykonywana sukcesywnie w miarę postępu robót ziemnych. Składa się z pionowych słupów (zazwyczaj dwuteowniki, profile IPE, dwa ceowniki) wbijanych udarowo, wibracyjnie lub w wywierconych otworach w gruncie oraz poziomych elementów opinki drewnianej (np. deski, kantówki, półokrągłaków) lub stalowej [2].

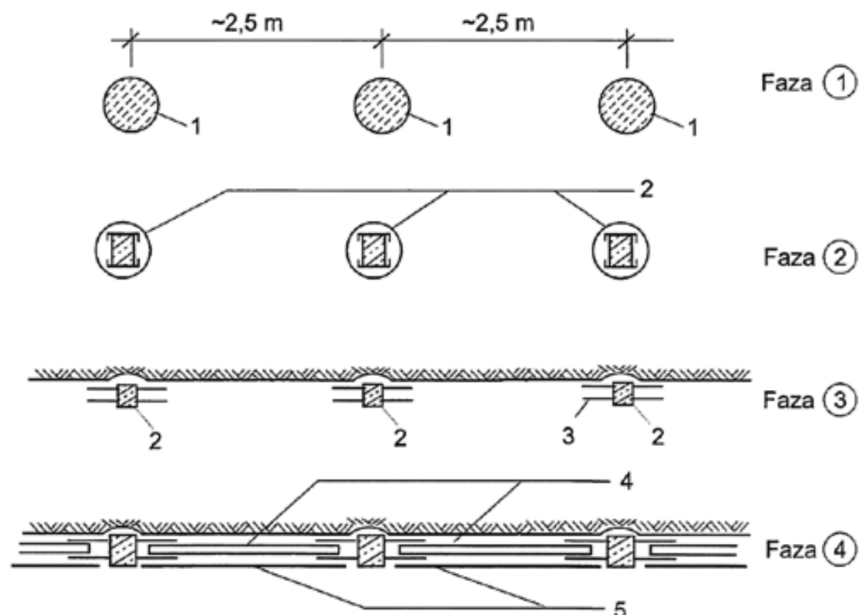
Obudowa berlińska jest konstrukcją stosunkowo wiotką i dlatego istnieją ograniczenia co do jej stosowania. Tego typu obudowa nie powinna być stosowana w sąsiedztwie istniejących obiektów. W przypadku wykopów głębszych od 4 m wymaga dodatkowego rozpierania lub kotwienia na wielu poziomach. [1]



Rys. Schemat ściany berlińskiej [2]: a) typowy montaż opinki za półkami słupów dwuteowych z użyciem klinów, b) montaż opinki pomiędzy słupem, a gruntem, gdy obudowę wykopu stanowi ściana szczelinowa, a ściana berlińska jest górną częścią obudowy, c) typowy montaż opinki za półkami słupów dwuteowych bez klinów, d) słupy stalowe z dwóch ceowników

Obudowa paryska

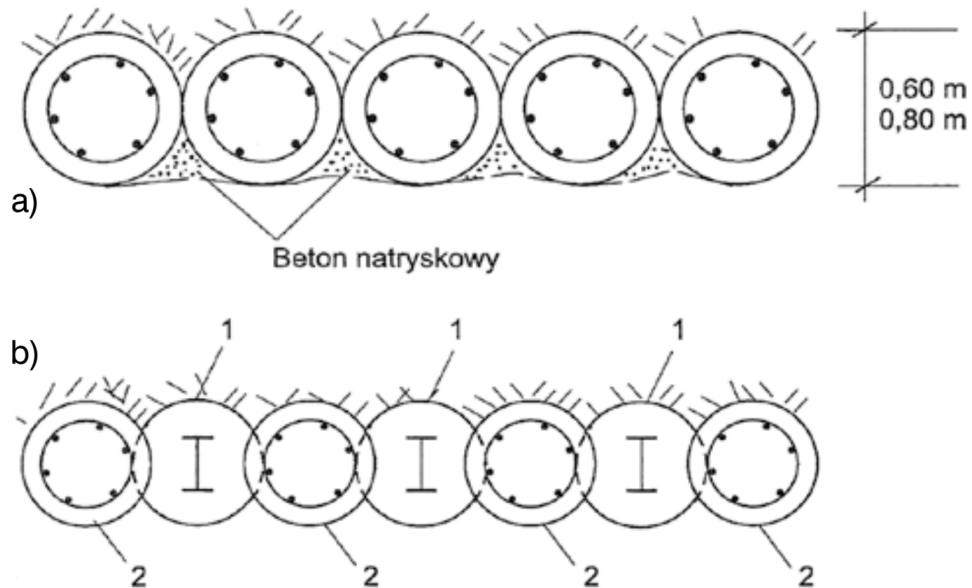
Obudowa paryska jest odmianą obudowy berlińskiej. Wykonanie jej polega na osadzeniu w gruncie prefabrykowanych słupów żelbetowych, w których pozostawia się startowe pręty zbrojeniowe. W miarę systematycznego wybierania gruntu, pręty odsłania się i odgina, a następnie po ustawieniu siatki zbrojeniowej betonuje się fragment obudowy wykopu. Rysunek poniżej przedstawia schemat ściany paryskiej, w rozbiciu na poszczególne fazy. Faza 1 polega na wierceniu otworów, w fazie drugiej wkłada się w otwory prefabrykowane słupy. Faza 3 to pogłębianie wykopu, odsłanianie słupów i odginanie prętów startowych. Faza 4 – układanie zbrojenia ściany i zewnętrznych szalunków, faza 5 – betonowanie.



Rys. Schemat ściany paryskiej [2]

Palisady

Palisady to wykonywane w gruncie pale, które stykają się ze sobą lub nachodzą na siebie, z których tylko jeden jest zabrojony. W przypadku precyzyjnie wykonanych prac, palisada może stanowić rodzaj ścianki szczelnej. [1]



Rys., Schemat palisady [2]: (a) z pali stykających się pobocznicami, (b) z pali wzajemnie wciętych: (1) pale pierwotne, (2) pale wtórne

Ścianka z kolumn wykonywanych metodą iniekcji strumieniowej

Metoda iniekcji strumieniowej [5] polega na zniszczeniu naturalnej struktury gruntu strumieniem cieczy, o bardzo dużym ciśnieniu i zmieszaniu uzyskanej przez to pulpy gruntowej ze spoiwem, wtryskiwanym w pulpę również pod bardzo dużym ciśnieniem – do 50 MPa. Kolumna taka może osiągać wytrzymałość od kilku do kilkunastu MPa. Prace prowadzone w tej technologii nadają się do wykonania głębokiego wykopu, w bardzo bliskim sąsiedztwie istniejących budowli. Realizacja prac w takiej technologii nie potrzebuje dużo miejsca dla ciężkiego sprzętu budowlanego oraz nie wywołuje drgań. [1]

Bibliografia:

1. Dr inż. Wojciech Drozd, Współczesne metody zabezpieczania wykopów szerokoprzestrzennych, Przegląd budowlany 4/2016
2. Siemińska-Lewandowska A., Głębokie wykopy. Projektowanie i wykonawstwo, WKŁ Warszawa 2011
3. Biernatowski K., Rybak Cz., Sarniak W., Fundamentowanie. Projektowanie, Politechnika Wroclawska, Wrocław 1981
4. Biernatowski K., Fundamentowanie, PWN Warszawa 1984
5. Jarominiak A., Lekkie konstrukcje oporowe, WKŁ Warszawa 2000

Sposoby zabezpieczenia wykopów przed wodą gruntową.

Do odwadniania wykopów stosujemy: [1]

- drenaże (systemu poziomego, pionowego lub mieszane):
 - systematyczne
 - opaskowe
 - okólne
 - płytowe
- igłofiltry
- elektrodrenaże

Wykop można zabezpieczyć przed wodą gruntową również poprzez odcięcie bezpośredniego napływu wody z wykorzystaniem:

- naturalnej warstwy nieprzepuszczalnej
- poziomego ekranu przeciwfiltracyjnego

Drenaż płytowy

Drenaż płytowy stosowany jest przy posadowieniu budowli w gruntach pylastych, gliniastych itp., tj. o małej wodoprzepuszczalności ale dużej wodochłonności i wysokim wzniosie kapilarnym. [1]

Drenaż płytowy ma za zadanie: [1]

- odciąć dostęp wód kapilarnych,
- przejąć wodę wypływającą z gruntu i utrzymywać jej poziom na wysokości wypełnienia drenów,
- utrzymywać w stanie suchym zewnętrzną powierzchnię chronionych budowli,

Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

Pytania

1. Proszę wymienić rodzaje konsystencji masy betonowej.
2. Wymień i omów metody pomiaru konsystencji betonu wg normy EN 206.
3. Podaj sposób oznaczania klasy konsystencji mieszanki betonowej wg metody rozplwyu. [Kb-W, Kb-WO]
4. Na czym polega proces zagęszczania mieszanki betonowej?
5. Proszę wymienić rodzaje wibratorów do zagęszczania mieszanki betonowej.
6. Proszę wymienić sposoby zagęszczania mieszanki betonowej.
7. Opisz jakie informacje podaje napis zawarty na papierowym worku cementu o treści: CEM II/A -V 32,5R a poniżej PN-B-197-01, podaj kolor napisu oraz kolor rozpoznawczy worka z tym cementem.
8. Omów domieszki do betonów pod kątem wpływu na właściwości mieszanek betonowych i stwardniałych betonów.
9. Omów zasady układania mieszanki betonowej w deskowaniu lub w formie. [Kb-W, Kb-WO]
10. Proszę podać właściwy tok postępowania przy zagęszczaniu mieszanki betonowej wibratorem wgłębnym (buławowym).
11. Podaj zasady postępowania przy wykonywaniu robót betoniarskich w okresie obniżonych temperatur. [Kb-W, Kb-WO]
12. Wymień i omów klasy ekspozycji betonu.
13. Ile klas ekspozycji betonu związanych z oddziaływaniem środowiska jest określonych w normie EN 206?
14. Do jakich betonów nie stosuje się normy EN 206? [Kb-W, Kb-WO]
15. Jakie wymagania powinna określać specyfikacja betonu i jakie specyfikacje przewiduje norma? [Kb-W, Kb-WO]
16. Co powinna zawierać specyfikacja betonu projektowanego? [Kb-W, Kb-WO]
17. Jakie informacje powinny być umieszczone na dowodzie dostawy betonu towarowego? [Kb-W, Kb-WO]
18. Jakie działania winny być wykonane podczas kontroli zgodności i jakie są kryteria zgodności według normy PN-EN 206? [Kb-W, Kb-WO]
19. Podaj minimalną ilość pobieranych próbek do oceny zgodności masy betonowej przy produkcji początkowej w ilości 50m³. [Kb-W, Kb-WO]
20. Wymień czynniki decydujące o przydatności cementów, stosowanych do wyrobu mas betonowych. [Kb-W, Kb-WO]
21. Jakie elementy zawiera podstawowa charakterystyka betonu projektowanego w postaci skróconej. [Kb-W, Kb-WO]

22. Podaj zakres identyfikacji kruszyw lekkich stosowanych do betonów i zapraw. [Kb-W, Kb-WO]
23. Podaj wartość gęstości kruszyw lekkich pochodzenia mineralnego. [Kb-W, Kb-WO]

Rodzaje konsystencji masy betonowej

Konsystencja betonu może być określona jako **m.in. wilgotna, plastyczna, półciekła, ciekła, gęstoplastyczna, sypka, granicznie sypka**. [1]

Konsystencja betonu określa stopień płynności mieszanki betonowej. Co więcej, konsystencja betonu wskazuje na zdolność mieszanki betonowej do odkształceń pod wpływem określonego obciążenia. [1]

Na konsystencję betonu wpływa kilka kluczowych czynników, do których zaliczamy: [1]

- ilościowy stosunek woda/cement
- ilość i rodzaj domieszek
- rodzaj zastosowanego cementu
- skład ziarnowy kruszywa, jego rodzaj i wodożądność
- ilość i rodzaj dodatków

Klasy konsystencji betonu

Klasy konsystencji betonu możemy wyznaczyć na podstawie normy EN 206. Zgodnie z nią klasa konsystencji betonu jest bezpośrednio związana z metodą badawczą, na podstawie której została wyznaczona. Warto pamiętać, że metody nie są ze sobą powiązane w zależnościach i każda traktowana jest indywidualnie. Norma EN 206 wyznacza następujące metody badania konsystencji betonu:

- metoda opadu stożka
- metoda stopnia zagęszczalności
- metoda rozplywu
- metoda rozplywu stożka

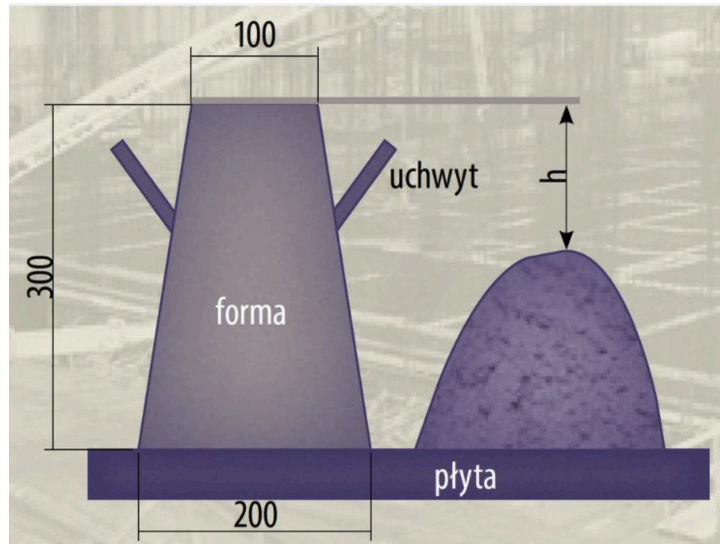
Konsystencja betonu powinna być dobrana przez projektanta na podstawie sposobu transportu i wbudowania.

Bibliografia

1. <https://barg.pl/blog/konsystencja-betonu-czym-jest-co-na-ia-wplywa/#:~:text=Badania%20betonu%20mog%C4%85%20by%C4%87%20przeprowadzane,g%C4%99stoplastyczna%2C%20sypka%2C%20granicznie%20sypka.>

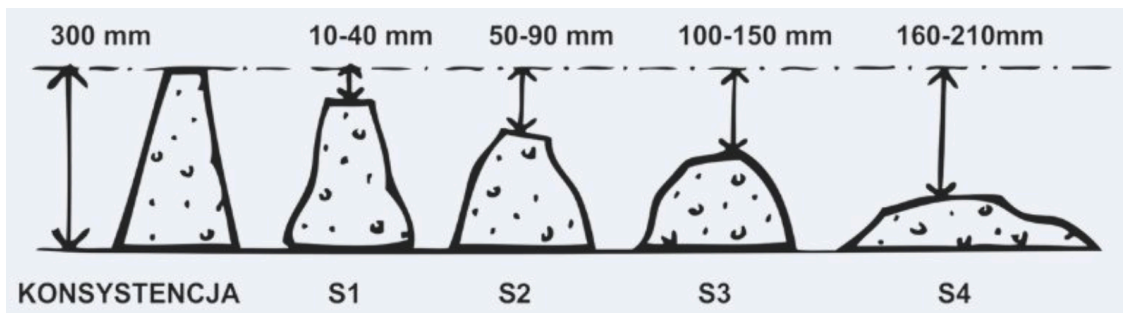
Metody pomiaru konsystencji betonu

Metoda opadu stożka

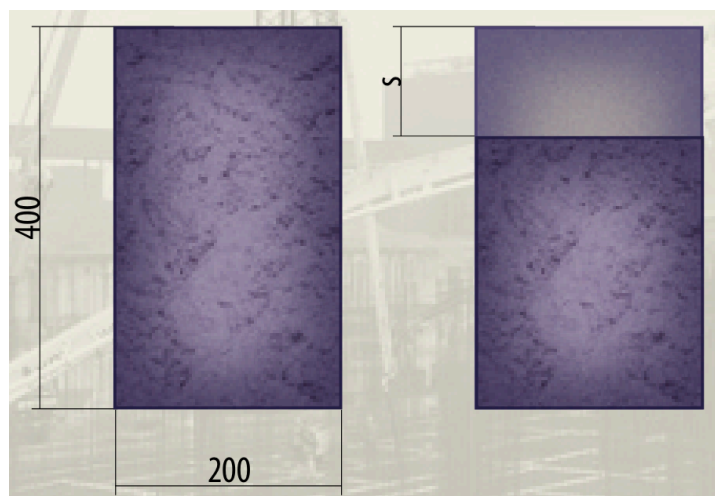


Rys. www.gorazdze.pl

Polega na pomiarze opadu stożka bezpośrednio po usunięciu formy (stożek Abramsa).



Metoda stopnia zagęszczalności

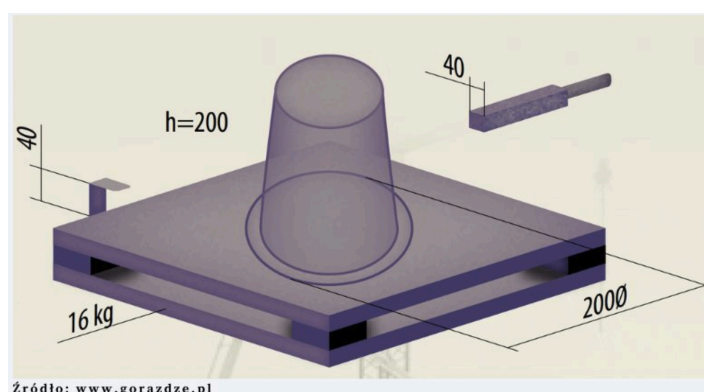


Zasada metody polega na ułożeniu w pojemniku 200x200x400mm mieszanki betonowej i wyrównaniu jej górnej powierzchni do poziomu krawędzi pojemnika oraz umieszczeniu pojemnika na stoliku wibracyjnym. Mieszankę betonową należy zagęścić wibrując do momentu, w którym przestanie ona tracić na objętości, a następnie dokonać pomiaru odległości między powierzchnią zagęszczoną mieszanki betonowej i górną krawędzią pojemnika oraz przeliczyć wynik wg wzoru:

$$C = h_1 / (h_1 - s)$$

Klasa	Stopień zagęszczalności	Tolerancja [mm]
C0	1,46	± 0,13
C1	1,45 - 1,26	
C2	1,25 - 1,11	± 0,11
C3	1,10 - 1,04	± 0,08

Metoda stolika rozpliwowego (metoda rozpliwu)



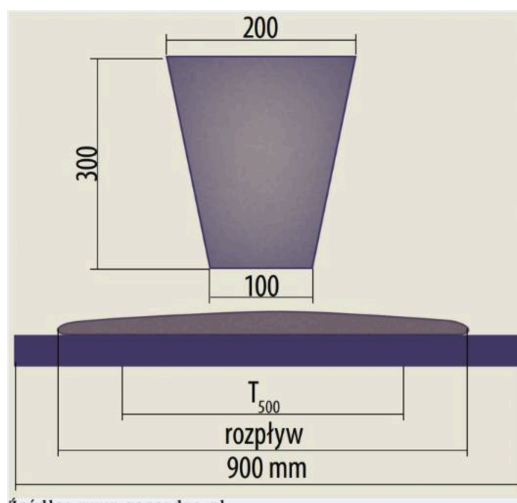
Badanie polega na pomiarze rozpliwu mieszanki betonowej pod wpływem wstrząsów stolika rozpliwowego. Badanie rozpoczyna się od przygotowania formy stożkowej (zwilżenie) oraz ustawieniu w centralnym punkcie stolika rozpliwowego. Formę napełnia się w dwóch warstwach

mieszką betonową pamiętając o zagęszczeniu każdej z warstw poprzez 10-krotne uderzenie drążkiem do zagęszczania. Po zagęszczeniu mieszanki należy odczekać ok. 30 s, a następnie unieść równomiernie formę w czasie od 3 do 6 sekund, po czym unosi się górną (ruchomą) część stolika i opuszcza. Czynność należy powtórzyć 15 razy. Wynikiem badania jest wymiar rozptyłu mieszanki w dwóch kierunkach. W poniższej tabeli zestawiono klasy konsystencji dla metody stolika rozptywowego. [1]

Klasa	Średnica rozptywu [mm]	Tolerancja [mm]
F1	≤ 340	± 40
F2	350 - 410	
F3	420 - 480	
F4	490 - 550	
F5	560 - 620	
F6	≥ 630	

Źródło: www.gorazdze.pl

Metoda rozptywu stożka



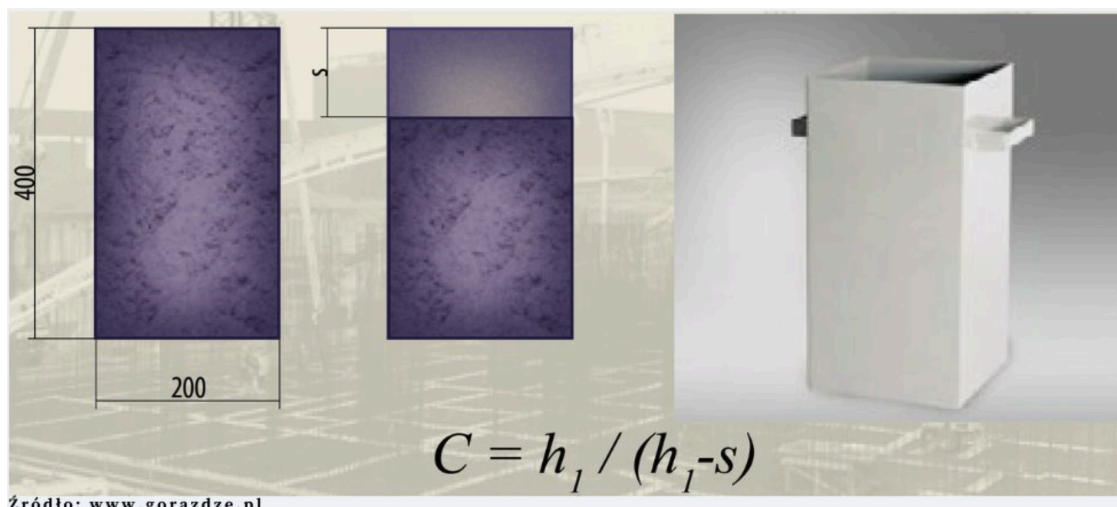
Źródło: www.gorazdze.pl

Polega na pomiarze średnicy rozptyłu mieszanki betonowej pod własnym ciężarem, po usunięciu formy.

Klasa	Rozptyw stożka	Tolerancja [mm]
SF1	550 - 650	± 50
SF2	660 - 750	
SF3	760 - 850	

Źródło: www.gorazdze.pl

Metoda oznaczenia stopnia zagęszczalności



Polega na zagęszczaniu mieszanki do momentu, gdy przestanie tracić swoją objętość.

gdzie:

h_1 – wysokość formy (400 mm),

s – różnica wysokości mieszanki betonowej po zagęszczeniu w pojemniku.

Klasa	Stopień zagęszczalności	Tolerancja [mm]
C0	1,46	± 0,13
C1	1,45 - 1,26	
C2	1,25 - 1,11	± 0,11
C3	1,10 - 1,04	± 0,08

Źródło: www.gorazdze.pl

Konsystencja betonu metodą specjalną

Metoda specjalna stosowana jest w przypadku betonów o specjalnym przeznaczeniu. Metodę uzgadnia się pomiędzy specyfikującym zaprawę betonową a producentem. [1]

Uwaga

Konsystencja betonu określana jest laboratoryjnie. Dostarczonej mieszanki betonowej **nie można modyfikować** (np. poprzez dodanie wody), ponieważ może to spowodować wydłużenie czasu wiązania, a nawet spadek wytrzymałości betonu. [1]

Zalecane metody oznaczania konsystencji betonu

Konsystencja	Sposoby zagęszczania mieszanki i warunki formowania elementu	Zalecana metoda badawcza
Wilgotna	Mieszanki wibroprasowane, przekroje proste niezbrojone	Nie klasyfikuje się ze względu na konsystencję
Gęstoplastyczna	Mieszanki wibrowane lub ubijane ręcznie, przekroje prosterzadko zbrojone	Stopień zagęszczalności
Plastyczna	Mieszanki wibrowane, przekroje proste normalnie zbrojone lub przekroje złożone rzadko zbrojone	Stopień zagęszczalności, opad stożka
Półciekła	Mieszanki wibrowane, przekroje złożone gęsto zbrojone	Stopień zagęszczalności, opad stożka
Ciekła	Mieszanki ręcznie sztychowane	Rozpływ, rozpływ stożka, opad stożka
Bardzo ciekła	Mieszanki samozagęszczalne	Rozpływ stożka

Zródło: www.gorazdze.pl

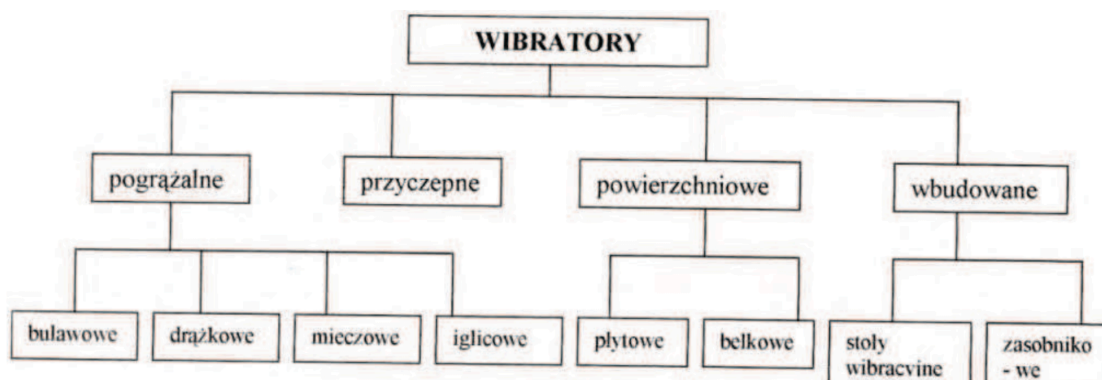
Bibliografia:

1. <https://poradnikinżyniera.pl/konsystencja-betonu/>

Proces zagęszczania mieszanki betonowej

Zagęszczanie mieszanki betonowej polega na usunięciu pęcherzyków powietrza, nadmiaru wody zarobowej i osiągnięciu zwartości masy betonowej poprzez bardziej zbite ułożenie ziaren kruszywa.

Rodzaje wibratorów do zagęszczania mieszanki betonowej



Rys. Klasyfikacja wibratorów

Bibliografia

1. Lenkiewicz W., Technologia robót budowlanych, PWN, Warszawa 1985.

Sposoby zagęszczania mieszanki betonowej

- ubijanie,
- prasowanie,
- wibrowanie,
- odpowietrzanie próżniowe,
- sztychowanie

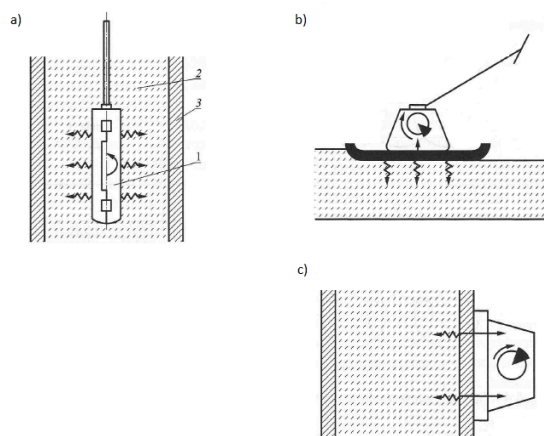
Prasowanie

Prasowanie betonu, ściskanie mieszanki. Polega na przyłożeniu siły ściskającej przy pomocy stempla.

Wibrowanie

Najpopularniejszą metodą zagęszczania mieszanki betonowej stosowaną podczas wykonywania konstrukcji betonowych jest wibrowanie. Podczas tego procesu dochodzi do przekazywania drgań wytworzonych przez urządzenie wibrujące do mieszanki betonowej. W zależności od możliwości stosowania oraz sposobu wprowadzenia drgań wibrowanie można podzielić na: [5]

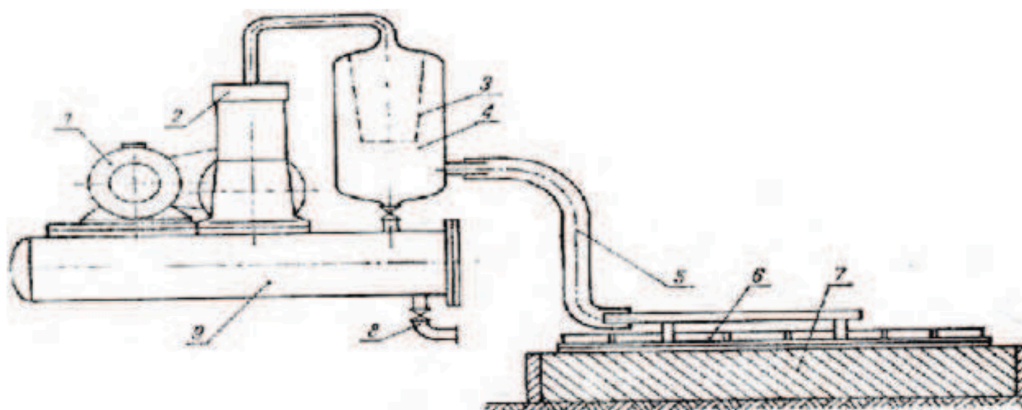
- wibrowanie bezpośrednie:
 - wewnętrzne (wglębne) – w trakcie wibrowania wglębnego dochodzi do bezpośredniego przekazywania drgań wokół buławy wibratora (rys.1a),
 - zewnętrzne nazywane też powierzchniowym (wibrowanie łałami wibrującymi) drgania przekazywane przez urządzenie bezpośrednio na powierzchnię wibrowanego elementu (rys.1b),
- wibrowanie pośrednie – drgania do mieszanki betonowej przekazywane są poprzez wibrator zamocowany na deskowaniu (rys.1c).



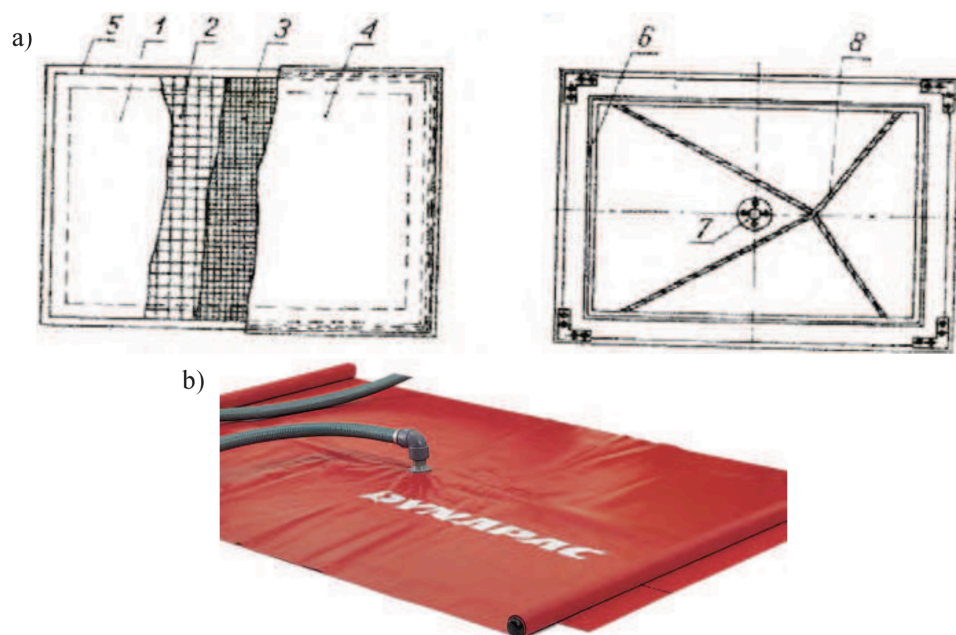
Rys. 1. Metody wibrowania: a) wstępne (1 – buława wibratora, 2 – mieszanka betonowa, 3 – szalunek) , b) powierzchniowe, c) pośrednie [6]

Odpowietrzanie próżniowe - próżnowanie

Odpowietrzanie płaskich powierzchni odbywa się za pomocą płyt odpowietrzających połączonych z urządzeniem próżniowym. Na rysunkach poniżej przedstawiono schemat zestawu do próżniowania powierzchni z mieszanek betonowych oraz schemat konstrukcji maty odpowietrzającej. Charakterystyki eksploatacyjne zestawów do próżniowania przedstawiono w tabeli [1]



Rys. 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 [2]



Rys. 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 przyłączania przewodu odpowietrzającego, 8 - linki do podnoszenia i opuszczania; b) mata ssąca firmy Dynapac [www.Fld.progres.pl] [1]

Zakres identyfikacji kruszyw lekkich stosowanych do betonów i zapraw

W celu identyfikacji kruszywa lekkiego należy podać:

- a) nazwę i adres producenta lub markę handlową
- b) wymiar ziarn kruszywa
- c) gęstość nasypową w stanie luźnym i gęstość ziarn
- d) powołanie na normę: EN 13055-1
- e) inne dodatkowe informacje niezbędne do identyfikacji danego kruszywa lekkiego

Bibliografia

1. PN-EN 13055-1:2003 Kruszywa lekkie -- Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy (pkt 8.1)

Wartość gęstości kruszyw lekkich pochodzenia mineralnego

Norma Europejska [1] uwzględnia kruszywa lekkie pochodzenia mineralnego o gęstości ziarn nie większej niż 2000 kg/m^3 ($2,00 \text{ Mg/m}^3$) lub gęstości nasypowej w stanie luźnym nie większej niż 1200 kg/m^3 ($1,20 \text{ Mg/m}^3$), w tym:

- kruszywa naturalne
- kruszywa wyprodukowane z materiałów naturalnych i/lub przemysłowych odpadów produkcyjnych
- przemysłowe odpady produkcyjne
- kruszywa z recyklingu

Bibliografia

1. PN-EN 13055-1:2003 Kruszywa lekkie -- Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy (pkt 1)

Beton hydrotechniczny

Pytania

1. Podaj podstawowe wymagania dla betonu hydrotechnicznego.
2. Proszę określić jaki jest wymagany stopień wodoszczelności betonu dla ściany zbiornika o grubości 40 cm przy założeniu, że maksymalna głębokość napełnienia zbiornika wodą wynosi 6 m.
3. Co należy brać pod uwagę przy określaniu wymaganego stopnia mrozoodporności dla betonów hydrotechnicznych?
4. Określ podstawowe kryteria doboru cementu do betonów w masywnych konstrukcjach hydrotechnicznych.

Podstawowe wymagania dla betonu hydrotechnicznego

Odpowiedź na to pytanie opracowano na podstawie projektu normy branżowej BN-88/6738 [1], której wprowadzania koniec końców zaniechano [2]. Warto mieć na uwadze, że obecnie obowiązująca norma europejska PN-EN 206+A2 *Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność* odnosi się do betonów zwykłych o trwałości do 50 lat, podczas gdy projektowana trwałość betonu hydrotechnicznego znacznie przekracza 50 lat przy jednoczesnej całkowitej lub częściowej ekspozycji na czynniki zewnętrzne, takie jak ciśnienie wody, naprzemienne zamarzanie i rozmarzanie, ścieranie lub kawitacja oraz obciążenia chemiczne. W normie PN-EN 206+A2 zaznaczono, że *„uzupełniające wymagania lub inne procedury badań mogą być określone dla specjalnych rodzajów betonu i zastosowań, na przykład – betonu do konstrukcji masywnych (np. zapór)”*. Niemniej jednak obowiązujące unormowanie przerzuca na projektanta obowiązek określenia maksymalnej dopuszczalnej penetracji wody pod ciśnieniem, ale przy badaniu już wg normy europejskiej EN 12390-8, tj. przy stałym ciśnieniu 0,5 MPa i przez czas zaledwie 72 godzin. Stopnie mrozoodporności M, badane metodą hydrotechniczną, również nie zostały uwzględnione w obowiązującej normie, pozostawiono jedynie stopnie mrozoodporności F, a więc badane metodą zwykłą. Jedynym w miarę kompleksowym, choć mocno już przestarzałym, dokumentem odniesienia pozostają *„Warunki techniczne wykonania i odbioru robót w dziedzinie gospodarki wodnej w zakresie konstrukcji hydrotechnicznych z betonu”* z 1994 r., odwołujące się w szerokim zakresie do niewdrożonego projektu normy branżowej BN-88/6738

W większości przypadków beton hydrotechniczny to beton masywny, wymagający zastosowania cementu o niskim cieple hydratacji w ilościach mniejszych niż w betonie zwykłym, a także kruszyw grubszych frakcji niż w betonie zwykłym. Podstawową wielkością kryterialną dla trwałości betonu hydrotechnicznego w warunkach polskich jest jego mrozoodporność, której wymagany stopień M, sprawdzany według kryterium dopuszczalnego spadku siły rozłupującej, zależy od rodzaju ekspozycji oraz oczekiwanej trwałości. [2]

Podstawowe wymagania dla betonów hydrotechnicznych:

- 1) **Konsystencja masy betonowej** W zależności od sposobu układania i zagęszczania. masy betonowej, od wymiarów elementów konstrukcji i od procentu zbrojenia, konsystencja masy betonowej betonów hydrotechnicznych powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w Tablicy 2 z [1]
- 2) **Odporność betonu na niszczące działanie wody agresywnej.** Beton podwodny i beton w strefie zmiennych położen zwierciadła wody powinien być odporny na chemiczne niszczące działanie wody.
Określenie stopnia agresywności wody jako środowiska, w którym będzie znajdował się beton, wybór rodzaju cementu i ewentualne zastosowanie środków podwyższających odporność betonu na działanie wód agresywnych powinny być zgodnie z BN: Określenie stopnia agresywności wody jako środowiska dla betonu.
- 3) **Wodoszczelność betonu.** W zależności od rodzaju konstrukcji i od działającego na nią parcia wody wymagana wodoszczelność betonu podwodnego oraz betonu w strefie zmiennych położen zwierciadła wody podaje Tablica 3 z [1].
Wodoszczelność betonu stref wewnętrznych budowli powinna wynosić W-2 do W-4 w zależności od wielkości parcia hydrostatycznego.
Dla konstrukcji cienkościennych narażonych na duże parcie wody - stosunek parcia wody do grubości konstrukcji powyżej 10 - można przyjmować stopień wodoszczelności większej niż W-8.
- 4) **Odporność betonu na działanie mrozu.** W zależności od charakteru konstrukcji i warunków klimatycznych, odporność betonu hydrotechnicznego na działanie mrozu po 28 dniach twardnienia powinna odpowiadać ,wymaganiom podanym w Tablicy 4 z [1]
- 5) **Wytrzymałość betonu na ściskanie.** Wytrzymałość betonu na ściskanie po 90 dniach twardnienia próbek powinna być zgodna z marką betonu podaną w dokumentacji technicznej. Badania oraz obliczenia wytrzymałości próbek na ściskanie należy dokonać wg PN-55/B-06250. Dopuszcza się ustalanie projektowanych marek betonu na podstawie jego wytrzymałości na ściskanie po 60 lub 28 dniach twardnienia próbek betonowych jeżeli:
 - a) zachodzi potrzeba skrócenia terminów obciążenia budowli - oddanie do eksploatacji,
 - b) zastosowano prefabrykaty betonowe lub żelbetowe,
 - c) budowla wznoszona jest w temperaturze niższej niż 5°C.
- 6) **Wydzielanie się ciepła w czasie twardnienia betonu.** Ilość ciepła wydzielonego przy twardnieniu betonu powinna być możliwie najniższa.
Obniżenie ilości wydzielonego ciepła można osiągnąć przez:
 - a) stosowanie cementów o niskim cieple hydratacji (niekurczliwych),
 - b) ustalenie składu betonu o minimalnej, koniecznej ilości cementu,
 - c) stosowanie domieszek (np. popiołów lotnych itp.).Przy betonowaniu w temperaturze poniżej +5 C należy stosować cement wydzielający taką ilość ciepła, która zapewni niezbędną, początkową wytrzymałość betonu.
W przypadku nadmiernego rozgrzewania się betonu należy stosować sztuczne chłodzenie.

T a b l i c a 2

Konsystencja masy betonowej

Lp.	Charakterystyka konstrukcji	Konsystencja	Pomiar konsystencji	
			Badanie podstawowe na stole wibracyjnym wg PN-55/B-06250	Badanie orientacyjne stożkiem opadowym
			Czas wibracji sek.	Opad stożka masy betonowej cm
1	2	3	4	5
1	Konstrukcje betonowe masywne i mało zbrojone tj. z ilością zbrojenia do 0,2 %	Gęsto-plastyczna	20 - 35	1 - 4
2	Konstrukcje żelbetowe z ilością zbrojenia powyżej 0,2 %	Plastyczna	5 - 20	4 - 8

T a b l i c a 3

Wymagany stopień wodoszczelności betonu hydrotechnicznego podwodnego

Lp.	Stosunek istniejącego parcia wody (w m słupa wody) do grubości budowli lub do grubości strefy zewnętrznej budowli (w m)	Wymagany stopień wodoszczelności betonu
1	do 5	W - 4
2	5 do 10	W - 6
3	powyżej 10	W - 8

T a b l i c a 4

Wymagana odporność betonu hydrotechnicznego na działanie mrozu

Warunki klimatyczne	Ilość zmian poziomu wody na powierzchni betonu w okresie zimowym lub ilość zmian zamarzania i odmarzania	Wymagana odporność betonu na działanie mrozu
Umiarkowane, tj. średnia temperatura najbardziej zimnego miesiąca nie spada poniżej -5°C	do 50	M - 50
	51 - 75	M - 100
	76 -100	M - 150
Surowe, tj. średnia temperatura najbardziej zimnego miesiąca spada poniżej -5°C	do 50	M - 100
	51 - 75	M - 150
	76 -100	M - 200

gdzie:

7	W zależności od stopnia odporności na działanie mrozu	Beton hydrotechniczny M-50	Ilość cykli ^{x)} kolejnego zamarzania i odmarzania próbek betonowych wynosi 50
		Beton hydrotechniczny M-100	j.w. lecz ilość cykli wynosi 100
		Beton hydrotechniczny M-150	j.w. lecz ilość cykli wynosi 150
		Beton hydrotechniczny M-200	j.w. lecz ilość cykli wynosi 200

x) przez 1 cykl należy rozumieć zamarzanie próbki przez okres 4 godzin, a następnie jej rozmarzanie również przez 4 godziny.

Okres zimowy oraz średnią temperaturę najbardziej zimnego miesiąca dla danego obszaru należy ustalić na podstawie danych hydrometeorologicznych przynajmniej z 30-letniego okresu obserwacji.

Bibliografia

1. BN-62/6738-07 „Beton hydrotechniczny. Wymagania techniczne”.
2. dr inż. Witold Jawański, mgr inż. Maciej Wiśniewski, Beton hydrotechniczny – projektowanie i wykonawstwo, Inżynier Budownictwa 4/2021 <https://inzynierbudownictwa.pl/beton-hydrotechniczny-projektowanie-i-wykonawstwo/>

Konstrukcje żelbetowe

Pytania

1. Co to jest osobliwość teorii płyt (omówić)?
2. Kiedy przy wzmacnianiu konstrukcji żelbetowej stosuje się maty węglowe, a kiedy taśmy węglowe?
3. Jak przy wzmacnianiu płyt żelbetowych zapewnia się współpracę starego betonu z nowym.
4. Omówić i wyjaśnić zasady konstruowania zbrojenia stropów płytowo-słupowych na przebiecie.
5. Jak zbroi się na ścinanie strefę przypodporową w układzie płyta-słup?
6. Jakie powinny być minimalne grubości otulin zbrojenia betonem w ławach fundamentowych, słupach, stropach ?
7. W jakich elementach żelbetowych minimalne grubości otulenia prętów określone normą mogą być zmniejszone o 5mm.
8. Jakie powinny być odległości między przerwami dylatacyjnymi konstrukcji betonowych i żelbetowych poddanych wahaniom temperatury zewnętrznej?
9. Jakie są minimalne grubości płyt stropowych żelbetowych?
10. Jaka powinna być minimalna średnica podłużnych prętów w belkach żelbetowych?
11. Proszę wyjaśnić pojęcie zbrojenia minimalnego w zginanych belkach żelbetowych.
12. Podaj zasady konstruowania żelbetowych płyt krzyżowo-zbrojonych wolno-podpartych.
13. Jak projektuje się konstrukcje żelbetowe ze względu na skurcz?
14. Wymień 3 podstawowe czynniki decydujące o wielkości skurczu i pęcznienia betonu.
15. W jakim przypadku powinniśmy stosować strzemiona podwójne w słupach?
16. W słupie żelbetowym o przekroju 25 x 25 cm zastosowano w przypadku:
 - a) ze zbrojeniem głównym 4 #12 rozstaw strzemion z prętów #4.5 co 16 cm,
 - b) ze zbrojeniem głównym 4 #16 rozstaw strzemion z prętów #6 co 22 cmKtóry z przypadków jest prawidłowy. Podaj uzasadnienie.
17. W konstrukcjach żelbetowych, oprócz sprawdzania stanów granicznych nośności konstrukcji, zachodzi potrzeba sprawdzania stanów granicznych użyteczności. Jakie to są stany? Proszę je krótko omówić.
18. Podaj graniczne wartości ugięć dla belek i płyt żelbetowych.
19. Podaj minimalne odległości poziome i pionowe między prętami lub warstwami prętów w konstrukcjach żelbetowych (mierzone w świetle).
20. Podaj sposób kotwienia prętów zbrojenia rozciąganego elementów żelbetowych zamocowanych w murze.
21. Wymień co najmniej 4 sposoby spajania prętów zbrojeniowych.
22. Omów zbrojenie żelbetowych schodów płytowych

Osobliwość teorii płyt

Podparcie punktowe reprezentujące słup w ustrojach płytowo-słupowych powoduje powstanie lokalnych zaburzeń. Momenty gwałtownie rosną w miarę zbliżania się do podpory. Dodatkowo wartość maksymalna zmierza do nieskończoności w miarę zagęszczania siatki. W konsekwencji próba ustalenia zbrojenia dla maksymalnego momentu nie jest zasadna. Zgodnie z zasadą de Saint-Venanta zaburzenia lokalne zanikają w miarę oddalania się od podpory (siły skupionej) i w pewnej odległości mogą być pominięte. Wciąż jednak aktualnym problemem jest ustalenie „bezpiecznej” odległości, gdzie wpływ zaburzeń może być zaniedbany. Powszechnie stosowanym rozwiązaniem jest odczyt wartości w licu słupa lub ściany. [1]

Bibliografia

1. <https://soldis-school.pl/copy-of-szablon-dla-zagadnien-problemowych-3/>

Wzmacnianie konstrukcji budowlanych materiałami kompozytowymi FRP

Taśmy kompozytowe

Taśmy produkowane są z włókien węglowych zatopionych w matrycy epoksydowej. Włókna te ułożone są zawsze jednokierunkowo i prostoliniowo. Dostępne są trzy typy taśm, różniące się modułami sprężystości:

- niski/standardowy LH/SH (165 GPa),
- wysoki HM (210 GPa),
- ultrawysoki UHM (250 GPa).

Każdemu z nich przyporządkowana jest wytrzymałość na rozciąganie (wysoka – HS, lub ultrawysoka – UHS). Dostępne szerokości taśm mieszczą się w zakresie od 10 (taśmy wklejane) do 120 mm (taśmy naklejane), przy grubościach od 1,0 do 2,5 mm. W procesie produkcji można wykonać taśmę o niemal dowolnej długości. Szczególnym rodzajem taśm są kształtki typu „L”, wykorzystywane do wzmacniania ścinanych stref belek, jednak ze względu na ich wysoką cenę zastępuje się je często odpowiednio układanymi matami CFRP. **Taśmy CFRP wykorzystywane są przede wszystkim do wzmacniania belek i płyt na zginanie (fot. 1), ścian i tarcz na siły rozciągające, a także dozbrajania krawędzi otworów.** Dodatkowo taśmy CFRP można stosować w stanie wstępnego naprężenia, co znacznie zwiększa efektywność wzmocnienia. [1]



Fot. 1 Bierne wzmocnienie płyty żelbetowej taśmami CFRP [1]

Maty i siatki kompozytowe

Maty węglowe tworzą tkaniny o zwartej strukturze, w których włókna węglowe (traktowane jako nośne) ułożone są jednokierunkowo lub wielokierunkowo. Stabilizację tych włókien w kierunku poprzecznym stanowią nienośne włókna szklane, aramidowe lub poliestrowe. Wyjątek stanowią dwukierunkowe maty CFRP, w których w obydwu kierunkach zastosowane są nośne włókna węglowe. Gramatura dostępnych mat węglowych, wpływająca na możliwość przenoszenia sił rozciągających, wynosi: 150, 200, 230, 300, 430, 530 i 600 g/m². W siatkach CFRP włókna węglowe ułożone są zawsze dwukierunkowo. **Maty i siatki CFRP stosowane są do wzmocniania konstrukcji murowych, żelbetowych płyt, słupów (owijanie), ścian i belek w strefach ścinanych.**

Bibliografia

1. dr inż. Marta Kałuża, mgr inż. Tomasz Bartosik, Wzmocnianie konstrukcji budowlanych materiałami kompozytowymi FRP
<https://inzynierbudownictwa.pl/wzmocnianie-konstrukcji-budowlanych-materialami-kompozytowymi-frp/>

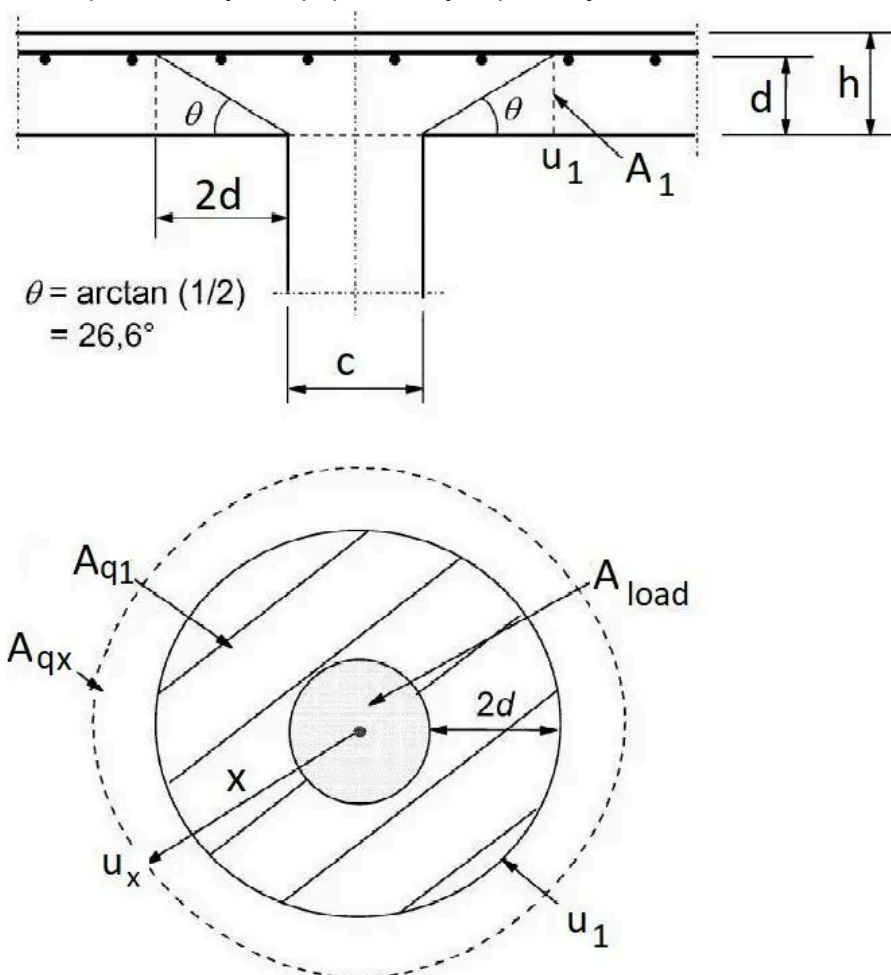
Współpraca betonu wylanego w różnym czasie

Połączenie betonu w różnym czasie zapewnia się poprzez:

- mechaniczne uszorstnienie powierzchni wzmocnianego elementu np. groszkowanie,
- zastosowanie warstwy szczepnej np. z polimeru,
- zastosowanie zbrojenia zszywającego osadzonego w betonie wzmocnianego elementu.

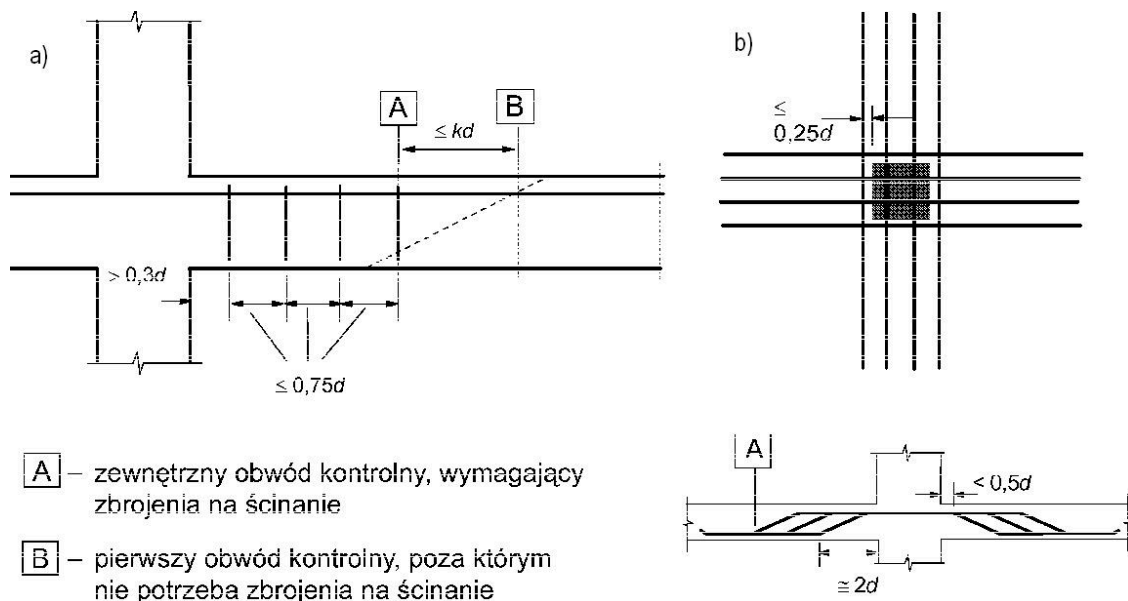
Zasady konstruowania zbrojenia stropów płytowo-słupowych na przebicie

Doświadczenia wskazują, że siła niszcząca rozchodzi się pod kątem $\theta = \arctan(1/2)$ w sposób pokazany na rys. poniżej. Zniszczenie płyty przy przebicium polega na wyrwaniu fragmentu płyty wokół słupa na obwodzie podstawowym u_1 poprzez ścięcie przekroju A_1 .



Rys. Model przebicia [2]

Zbrojenie na ścinanie przez przebicie konstruuje się z użyciem strzemion lub prętów odgiętych podobnie jak w belkach. W praktyce najczęściej stosuje się zbrojenie strzemionami (przy mniejszych siłach poprzecznych) lub za pomocą bolców HALFEN, JORDAHL PSB, EBEA lub innych. ze względu na ich znacznie lepszą efektywność od klasycznego zbrojenia na ścinanie poprzeczne. [1]



Rys. Zbrojenie na ścinanie przez przebicie: a) strzemionami, b) prętami odgiętymi [2], rys. 9.10

Zbrojenie na ścinanie przez przebicie rozmieszcza się pomiędzy obciążoną powierzchnią (słupem) i obwodem leżącym wewnątrz obwodu kontrolnego, poza którym zbrojenie na ścinanie nie jest już wymagane, nie dalej niż $k \cdot d$ od tego obwodu, co pokazano na rys. powyżej, przy czym należy zastosować co najmniej dwa obwody złożone z ramion strzemion (rys. a), a rozstaw obwodów złożonych z ramion strzemion nie powinien przekraczać $3/4d$.

Ponadto rozstaw ramion strzemion wzdłuż obwodu nie powinien przekraczać $1,5d$ wewnątrz pierwszego obwodu kontrolnego (oddalonego $2d$ od obciążonej powierzchni) oraz nie powinien przekraczać $2d$ w tych częściach obwodów; leżących na zewnątrz pierwszego obwodu kontrolnego, które wpływają na nośność na ścinanie (rys. a). W przypadku prętów odgiętych rozmieszczonych jak na rys b jeden obwód ramion strzemion można uznać za wystarczający.

Pole przekroju jednego ramienia strzemiona (lub równoważne pole zbrojenia innego rodzaju) $A_{s1,min}$ powinno spełniać warunek

$$A_{s1,min} \cdot \frac{1,5\sin\alpha + \cos\alpha}{s_r \cdot s_t} \geq 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

gdzie:

s_r, s_t – rozstaw strzemion odpowiednio w kierunku promieniowym (odległości między okręgami) i stycznym (na okręgu),

α – kąt między zbrojeniem na ścinanie i zbrojeniem głównym (tj. dla strzemion pionowych $\alpha = 90^\circ$, $(\sin \alpha + \cos \alpha) = 1$).

Na zbrojenie przy przebicciu można stosować pręty odgięte; które przechodzą przez powierzchnię obciążoną albo leżą w odległości nie przekraczającej $d/4$ od tej powierzchni (rys. b u góry).

Odległość między krawędzią podpory lub obwodem powierzchni obciążonej i najbliższym uwzględnianym w obliczeniach zbrojeniem na ścinanie nie powinna przekraczać $d/2$. Odległość tę należy odmierzać na poziomie zbrojenia rozciąganego. Jeśli stosuje się tylko pojedynczą linię prętów odgiętych, to ich nachylenie można zmniejszyć do 30° .

Na ostatnim obwodzie o promieniu r_s rozstaw strzemion $s_{t,s}$ nie może przekroczyć $2d$, a na mniejszych w tym $u_1 - 1,5d$. Stąd liczba strzemion nie powinna być mniejsza niż:

$$n_{t,s} = u_s / 2d \text{ na ostatnim (najdalej oddalonym obwodzie } u_s = 2\pi r_s \\ n_{t,r} / (1,5d) \text{ na obwodach mniejszych (mniej oddalonych od słupa)}$$

Bibliografia:

1. <https://chodor-projekt.net/encyclopedia/przebicie-plyty-zelbetowej/>
2. PN-EN 1992-1+AC+Ap 1,2,3:2008, Projektowanie konstrukcji z betonu -Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków

Grubość otulenia zbrojenia betonem

Grubość otuliny (otulenie nominalne) stanowi suma otulenia minimalnego oraz dodatku ze względu na ewentualną odchyłkę:

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

gdzie:

C_{min} – minimalne otulenie,

ΔC_{dev} – uwzględnienie odchyłek otulenia w obliczeniach.

Minimalna grubość otulenia

Minimalna grubość otulenia wymaga uwzględnienia takich czynników, jak klasę ekspozycji środowiska oraz wymagania ze względu na przyczepność. W celu wyznaczenia otulenia minimalnego, należy wybrać wartość maksymalną z trzech poniższych równań:

$$C_{min} = \max[C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{mm}]$$

gdzie:

$C_{min,b}$ – minimalne otulenie ze względu na przyczepność,

$C_{min,dur}$ – minimalne otulenie ze względu na warunki środowiska,

$\Delta C_{dur,y}$ – zwiększenie otulenia ze względu na bezpieczeństwo,

$\Delta C_{dur,st}$ – zmniejszenie otulenia w przypadku stosowania stali nierdzewnej,

$\Delta C_{dur,add}$ – zmniejszenie otulenia w przypadku stosowania dodatkowego zabezpieczenia betonu.

Minimalne otulenie ze względu na przyczepność – $C_{min,b}$:

Jest to wartość stosowana w celu zapewnienia właściwej przyczepności oraz zagęszczenia betonu. Wartość $C_{min,b}$ jest równa:

- średnicy pręta, jeśli maksymalny wymiar ziaren kruszywa jest nie większy niż 32 mm,
- średnicy pręta + 5 mm, jeśli wymiar ziaren kruszywa jest większy niż 32 mm.

Minimalne otulenie ze względu na warunki środowiska $C_{min,dur}$:

Jest to wartość zależna od klasy ekspozycji i klasy konstrukcji, która według normy EN-10080 wynosi:

Klasa konstrukcji	Klasa ekspozycji						
	Klasa ekspozycji według Tablicy 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Uwzględnienie odchylek otulenia w obliczeniach ΔC_{dev} :

Zaleca się, aby wartość ΔC_{dev} wynosiła 10 mm. Wartość tą można zmniejszyć lub zwiększyć spełniając poniższe założenia:

W przypadku, gdy stosuje się system zapewnienia jakości wykonywania elementów, polegający na pomiarach otulenia zbrojenia, to wartość ΔC_{dev} może być zmniejszona do poziomu:

$$5mm \leq \Delta C_{dev} \leq 10mm$$

Jeśli do wykonania pomiarów stosowane jest bardzo dokładne urządzenie pomiarowe nieklasyfikujące elementów niespełniających wymagań otulenia (np. produkcja prefabrykatów), to wartość ΔC_{dev} może być zmniejszona do poziomu:

$$0mm \leq \Delta C_{dev} \leq 10mm$$

Zwiększenie odchylek otulenia jest możliwe w przypadku, gdy mieszanka betonowa układana jest na nierównej lub uźebrowanej powierzchni.

Zalecaną wartością dla pozostałych składników ($\Delta C_{dur,y}$, $\Delta C_{dur,st}$, $\Delta C_{dur,add}$) według normy PN-EN 1992-1-1 jest 0.

Bibliografia

1. <https://poradnikinżyniera.pl/otulina-zbrojenia/>

Ten ebook zawiera demonstracyjny fragment opracowania

Jeżeli chcesz otrzymać pełną wersję zapraszamy do
naszego sklepu:

sklep.uprawnieniabudowlane.app

Łącznie 102 strony opracowanych zagadnień na
egzamin ustny.

Odpowiedzi na ponad 50 najczęściej powtarzających
się pytań z zakresu technologii betonu, konstrukcji
betonowych i żelbetowych oraz robót ziemnych.

Demonstracyjny fragment opracowania może być kopiowany, oraz dowolnie rozprowadzany tylko i wyłącznie w formie dostarczonej przez Wydawcę. Zabronione są jakiegokolwiek zmiany w zawartości publikacji bez pisemnej zgody Wydawcy. Zabrania się jego odsprzedaży.