

Jednostka projektowa:

AJA

Józef Abramowicz

ul. Architektów 2/22

85-804 Bydgoszcz

OBIEKT:

Filtr nr 2
Budynek Filtrów II-go stopnia
Stacja wodociągowa „Czyżkówko”

ADRES OBIEKTU:

ul. Koronowska 96,
85-001 Bydgoszcz

INWESTOR:

Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy sp. z o.o.
ul. Toruńska 103, 85-817 Bydgoszcz

FAZA PROJEKTU:

PROJEKT WYKONAWCZY

BRANŻA:

KONSTRUKCJA

OPRACOWAŁ:

mgr inż. Józef Abramowicz
upr. nr ABIT-II-7131-11/2000

czerwiec 2023r.

<i>Obiekt:</i>	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	<i>Strona:</i> 2
<i>Faza:</i>	PROJEKT WYKONAWCZY	

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	2
1. Podstawa opracowania.	3
2. Cel i zakres opracowania.....	4
3. Charakterystyka obiektu.....	4
3.1. Lokalizacja i ogólny opis stacji ujęcia wody „Czyżkówko”.	4
3.2. Ogólna charakterystyka budynku filtrów II-go stopnia.	4
4. Opis obecnego stanu płyty i rusztu pod złoże filtracyjne.....	5
5. Roboty przygotowawcze i rozbiórkowe.....	8
7.1. Materiały.....	9
7.2. Środowisko pracy konstrukcji.....	9
8. Uwagi.	10
10.1. Prefabrykowana płyta drenażowa.	12
10.2. Ruszt.....	20
10.2.1. Belka.....	26
10.2.2. Słupek.....	32

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 3
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

1. Podstawa opracowania.

[1] Zlecenie od:

Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy sp. z o.o.
ul. Toruńska 103, 85-817 Bydgoszcz

[2] Udostępniona przez zleceniodawcę dokumentacja :

[2.1] Projekt Wykonawczy, branża architektoniczna: „Stacja wodociągowa „Czyżkówko” w Bydgoszczy. Modernizacja hali filtrów.”

opracowany przez: Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego sp. z o.o.

[2.2] Projekt Wykonawczy, branża konstrukcyjna: „Stacja wodociągowa „Czyżkówko” w Bydgoszczy. Modernizacja hali filtrów.”

opracowany przez: Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego sp z o.o.

data opracowania: listopad 1996 r.

[2.3] Projekt Wykonawczy, branża konstrukcyjna: „Stacja wodociągowa „Czyżkówko” w Bydgoszczy. Modernizacja hali filtrów – ruszt pod złoże filtracyjne.”

opracowany przez: Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego sp. z o.o.

data opracowania: luty 1998 r.

[3] EKPERTYZA TECHNICZNA, Filtr nr 9 Budynek Filtrów II-go stopnia, Stacja wodociągowa „Czyżkówko”

data opracowania: wrzesień 2018 r

[4] Wyniki pomiarów ciśnienia w komorze filtra podczas płukania wykonane w 2018r.

[5] Wizja lokalna budynku, uzgodnienia ze zleceniodawcą.

[6] Normy i przepisy budowlane:

[6.1] PN-EN 1990:2004 Eurokod 0. Podstawy projektowania konstrukcji.

[6.2] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcję. Oddziaływania ogólne Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

[6.3] PN-EN 1991-4:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje -- Część 4: Silosy i zbiorniki.

[6.4] PN-EN-1992-1-1:2016 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.

[6.5] PN-EN-1992-3:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 3. Silosy i zbiorniki na ciecze.

[6.5] PN-EN 206+A1:2016-12 Beton -- Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

[6.6] PN-EN 12620+A1:2008 Kruszywa do betonu.

[6.8] PN-EN 197-1:2012 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 4
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

[6.8] PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu -- Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.

[6.9] PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu.

[6.10] PN-88/B- 06250:1988 Beton zwykły.

[7] Inne

[7.1] Strona internetowa MWiK w Bydgoszczy

2. Cel i zakres opracowania.

W budynku hali filtrów uległ uszkodzeniu ruszt pod złoże filtracyjne.

Niniejsze opracowanie zawiera projekt wykonawczy jego naprawy.

3. Charakterystyka obiektu.

3.1. Lokalizacja i ogólny opis stacji ujęcia wody „Czyżkówko”.

Konstrukcja uszkodzonego filtra nr 2 znajduje się w budynku filtrów II stopnia stanowiącego część stacji wodociągowej „Czyżkówko” zlokalizowanej w Bydgoszczy przy ul. Koronowskiej 96.

Woda czerpana jest z rzeki Brdy. Po wstępnym oczyszczeniu pompowana jest (pompownia I stopnia) do ujęcia infiltracyjnego gdzie podlega naturalnej filtracji przez grunt i mieszana jest z zasobami wód podziemnych. Następnie przechodzi przez aeratory w hali napowietrzania, filtrowana jest w układzie filtrów I-go stopnia i trafia do zbiornika pośredniego wody uzdatnionej. Zbiornik ten współpracuje z pompownią pośrednią (pompownią II stopnia) zasilającą zbiorniki kontaktowe w budynku ozonowni. Po ozonowaniu woda trafia na układ filtracji II stopnia, gdzie w budynku filtrów II stopnia znajduje się uszkodzony filtr nr 2 będący przedmiotem niniejszego opracowania.

Po przejściu przez ten układ woda kierowana jest do zbiorników wody czystej i dalej przez pompownię III stopnia kierowana jest do miejskiej sieci wodociągowej.

Stacja wodociągowa „Czyżkówko” podlegała modernizacji. W 2011r zakończył się drugi etap polegający m.in. na modernizacji pompowni I-go oraz III-go stopnia.

3.2. Ogólna charakterystyka budynku filtrów II-go stopnia.

Jak podano w projekcie [2.1], budynek filtrów II-go stopnia posadowiony jest bezpośrednio. Ławy fundamentowe stanowią monolit ze ścianami i dnem komór filtracyjnych.

W części budynku gdzie zlokalizowany jest hall, pomieszczenia techniczne i socjalne posadowienie na monolitycznych ławach i stopach.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 5
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Schody wewnętrzne i zewnętrzne – żelbetowe, monolityczne

Ściany zewnętrzne, wewnętrzne i działowe murowane z cegły ceramicznej na zaprawie cementowo-wapiennej. W hali filtrów ściany, słupy i filary międzyokienne – żelbetowe. Ściany podłużne zewnętrzne i wewnętrzne, jak również ściany oddzielające poszczególne komory filtrów stanowią płytę żelbetową grubości 30cm z betonu żwirowego z domieszka substancji wodoszczelnych. Ściany szczytowe środkowej nawy filtrów oraz górne części ścian nad komorami filtrów – murowane z cegły ceramicznej na zaprawie cementowo-wapiennej.

Strop nad częścią kanału na rurociągi żelbetowy.

Stropodach żelbetowy z elementów prefabrykowanych (dźwigary strunobetonowe).

W projekcie modernizacji [2.2] przyjęto podniesienie żelbetowych ścian komór filtrów, rozebranie starych i wykonanie nowych elementów wyposażenia: koryt, rusztów, przejść szczelnych, przewodów płuczających. Zaprojektowano przykrycie nad galerią rurociągów oraz pomosty z płyt pomostowych typu „Mostostal”.

W hali filtrów wydzielono 12 komór filtracyjnych, każda o powierzchni 46 m². Komory rozmieszczono w dwóch rzędach po 6 szt., rozdzielonych nawą środkową.

Woda rozprowadzana jest równomiernie na powierzchnię każdej komory przez system górnych koryt żelbetowych (po 3 szt. na komorę). Filtracja odbywa się grawitacyjnie przez złożę z węgla aktywowanego o grubości 1,8 m. Złożę to wysypane jest na płytach filtracyjnych ułożonych na żelbetowym ruszcie ustawionym ok. 50cm nad dnem komory.

Robocza wysokość zwierciadła wody wynosi 3,8m powyżej płyty filtracyjnej.

Technologia uzdatniania wody zakłada okresowe wypuszczenie wody z komory. Filtr z węgla aktywnego jest wówczas czyszczony powietrzem oraz płukany wodą tłoczonymi w kierunku przeciwnym (od dołu). W wymaganych odstępach czasu złożę z węgla aktywnego jest usuwane i wymieniane na nowe lub reaktywowane.

4. Opis obecnego stanu płyty i rusztu pod złożę filtracyjne.

Komora filtra jest wyłączona z użytkowania. Woda została spuszczone, a złożę filtracyjne z węgla aktywnego usunięto z płyty.

W środkowej strefie komory prefabrykowana płyta filtracyjna została wyłamana. Sąsiednie płyty i ruszt uległy podniesieniu i deformacji. Przestrzeń pod rusztem zastała „zamulona” węglem aktywnym pochodzącym ze złoża filtracyjnego.

Na belkach widoczne są pęknięcia natomiast na ich końcach odspoiła się otulina. Na płytach filtracyjnych powstały pęknięcia.

<i>Obiekt:</i>	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	<i>Strona:</i> 6
<i>Faza:</i>	PROJEKT WYKONAWCZY	

Płyty filtracyjne zaprojektowano [projekt 2.2] w postaci prefabrykowanych płyt żelbetowych o wymiarach 80cm x 113cm, grubości 8cm. W płytach zabetonowano tuleje z tworzywa sztucznego do osadzenia dysz filtrujących. Płyty ułożono na żelbetowych belkach, opartych na żelbetowych słupkach ustawionych na dnie komory filtracyjnej.

W ekspertyzie technicznej [3] wykazano, że uszkodzenia nastąpiły po przeciążeniu prętów kotwiących słupki rusztu z belkami oraz z płytą denną. Nastąpiło to podczas płukania filtra, gdy na ruszt działa obciążenie skierowane do góry. Podobny mechanizm zniszczenia wystąpił w filtrze nr 2.

Ze względu na powstałe uszkodzenia należy istniejący ruszt rozebrać i wykonać nowy.



Fot. 1 Widok uszkodzonego filtra

<i>Obiekt:</i>	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	<i>Strona:</i>
<i>Faza:</i>	PROJEKT WYKONAWCZY	
		7



Fot.2 Wyłamane elementy płyty drenazowej.



Fot. 3 Złamana belka rusztu drenazowego.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 8
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

5. Roboty przygotowawcze i rozbiórkowe.

Przed przystąpieniem do wykonania zaprojektowanej płyty drenażowej konieczne jest zdemontowanie uszkodzonej płyty istniejącej. Żelbetowe elementy ciąć na mniejsze fragmenty i ostrożnie usuwać z wnętrza komory. Nie dopuszcza się stosowania ciężkich urządzeń (młotów pneumatycznych itp.) których praca może wywołać zarysowania i pęknięcia ścian oraz dna komory filtracyjnej.

Podczas prowadzenia robót związanych z demontażem należy zadbać o stateczność rozbieganej konstrukcji. Musi ona być zabezpieczona (podstępłowana) przed niekontrolowanym przemieszczeniem.

Znajdujące się w komorze elementy instalacji należy zabezpieczyć przed uszkodzeniem.

Zalegającą pod rozbiegającym rusztem warstwę węgla aktywnego zebrać i usunąć.

Wszystkie materiały pochodzące z rozbiórki należy w porozumieniu z inwestorem zutylizować zgodnie ze stosownymi przepisami.

Uszkodzenia powierzchni wnętrza komory należy naprawić. Do zabezpieczenia powierzchni stosować preparat MAXSEAL FLEX.

6. Opis projektowanego rusztu i płyt filtrujących.

W przestrzeni znajdującej się pod płytą filtrującą zlokalizowane są instalacje technologiczne (rury). Ich rozmieszczenie dopasowane jest do obecnej geometrii konstrukcji rusztu.

W związku z tym przyjęto, że w miarę możliwości geometria konstrukcji rusztu zostanie zachowana.

Płyta drenażowa została zaprojektowana z prefabrykowanych płyt żelbetowych o wymiarach 79cm x 80cm i grubości 8cm które zostaną zabetonowane w monolitycznym ruszcie z belek i słupków opartych na dnie komory. Przyjęto gęstszy podział na prefabrykaty (zamiast 5 szt. na szerokości komory jak to miało miejsce w projekcie pierwotnym, zastosowano 7 szt. elementów o mniejszej szerokości). Dzięki temu ciężar pojedynczego prefabrykatu zmniejszył się o ponad 50% i wynosi obecnie 103 kg. Jest to szczególnie istotne ze względu na konieczność transportu materiałów do wnętrza stosunkowo wysokiej komory filtracyjnej.

Na etapie wykonywania prefabrykowanych elementów płyt, należy osadzić w nich plastikowe tuleje do mocowania dysz filtracyjnych, po 25szt. na każdy prefabrykat. Typ tulei wg wytycznych technologicznych inwestora.

Słupki rusztu należy zakotwić do płyty dennej komory za pomocą żebrowanych prętów zbrojeniowych wklejanych żywicą RAWPLUG R-KERII. Przed przystąpieniem do osadzania

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 9
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

kotew, należy sprawdzić stan dna komory pamiętając, że pręty kotwiące uszkodzonego rusztu mogły zostać wyrwane. W przypadku stwierdzenia uszkodzenia komory w strefie osadzanych kotew konieczne jest wykonanie naprawy lub przeprojektowanie zakotwień. Przyjęto słupki o większej szerokości niż w projekcie pierwotnym co umożliwi minięcie się osadzanych kotew z istniejącymi. Wklejanie przeprowadzić zgodnie z wytycznymi producenta żywicy. Po przygotowaniu i wklejeniu zbrojenia słupki zabetonować.

W następnej kolejności należy wylać dolną część belek rusztu. Ułożyć na nich prefabrykowane elementy płyt i zalać górną część belek.

Przerwy robocze między betonowaniem słupków i dolnej części belek jak również między betonowaniem dolnej i górnej części belek odpowiednio przygotować. Należy usunąć nietrwałe fragmenty betonu. Powierzchnię przerwy roboczej przesmarować preparatem szczepnym MAXBOND-S. W celu zapewnienia zespolenia zadbać o chropowatość powierzchni w przerwach roboczych belek.

Styki między krawędziami płyt prefabrykowanych oraz przy ścianach komory wypełnić zaprawą montażową.

Całość powierzchni płyty drenażowej (prefabrykatów, belek i słupków) pokryć wodoodporną powłoką ochronną MAXSEAL FLEX.

7. Założenie projektowe.

7.1. Materiały.

Konstrukcje żelbetowe:

- beton klasy B37 (C30/37) – elementy prefabrykowane
- beton klasy B30 (C25/30) – elementy monolityczne
- stal żebrowana klasy A-IIIN oraz A-0

7.2. Środowisko pracy konstrukcji.

Przyjęto, że konstrukcja zostanie zabezpieczona wodoodporną powłoką ochronną, pozwalającą na mostkowanie zarysowań konstrukcji wynikających z jej pracy.

Biorąc to pod uwagę założono klasę ekspozycji konstrukcji żelbetowej (wg PN-B-03264:2002): XC2.

<i>Obiekt:</i>	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	<i>Strona:</i> 10
<i>Faza:</i>	PROJEKT WYKONAWCZY	

8. Uwagi.

1. Materiały budowlane oraz elementy powinny odpowiadać atestom technicznym oraz ustaleniom odnośnych norm.
2. Roboty budowlane i rzemieślnicze powinny być wykonane zgodnie z zasadami wiedzy technicznej oraz z obowiązującymi przepisami i normami.
3. Podane w opracowaniu wymiary należy sprawdzić na miejscu prowadzenia robót. W przypadku stwierdzenia kolizji zaprojektowanych słupków rusztu drenażowego z istniejącym wyposażeniem filtra należy skontaktować się z autorem projektu.
4. Kolejność wykonywania robót musi zapewniać zachowanie stateczności konstrukcji.
5. Zmiany wprowadzone do projektu w trakcie realizacji obiektu uzgadniać z projektantem.
6. W trakcie prac przestrzegać warunków technicznych wykonania i odbioru prac budowlano-montażowych
7. W przypadku stwierdzenia warunków odmiennych od założonych w projekcie niezwłocznie powiadomić Projektanta.
8. Ewentualne zmiany parametrów technologicznych komory filtrującej należy uzgodnić z technologiem będącym przedstawicielem Inwestora.
9. Podczas płukania złoża filtrującego zaleca się monitorowanie ciśnienia pod płytami filtrującymi.
10. Zaleca się sprawdzenie stanu sączków filtrujących.
11. Roboty prowadzić zgodnie z zapisami podanymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robot budowlanych (Dz. U. 2003, Nr 47, poz. 401), Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. nr 129, poz. 844 ze zm.).

Opracował:

mgr inż. Józef Abramowicz

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 11
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

9. Zebranie obciążeń.

9.1. Ciężar

Rodzaj: ciężar

Typ: stałe

9.1.1. Płyta filtrująca

$$Q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2.$$

$$Q_{o1} = 2,70 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,35,$$

$$Q_{o2} = 2,00 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 1,00.$$

9.1.2. Złoże filtrujące bez wody

$$Q_k = 6,50 \text{ kN/m}^3.$$

$$Q_{o1} = 8,78 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f1} = 1,35,$$

$$Q_{o2} = 5,85 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$$

9.1.3. Złoże filtrujące nawodnione

$$Q_k = 12,50 \text{ kN/m}^3.$$

$$Q_{o1} = 16,88 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f1} = 1,35,$$

$$Q_{o2} = 10,00 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f2} = 0,80.$$

9.1.4. Woda

$$Q_k = 10,00 \text{ kN/m}^3.$$

$$Q_{o1} = 12,00 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f1} = 1,20,$$

$$Q_{o2} = 10,00 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{f2} = 1,00.$$

9.2. Użytkowe

Rodzaj: użytkowe

Typ: zmienne

9.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtra

$$Q_k = 67 = 67,00 \text{ kN/m}^2.$$

$$Q_o = 80,40 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,20,$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 12
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

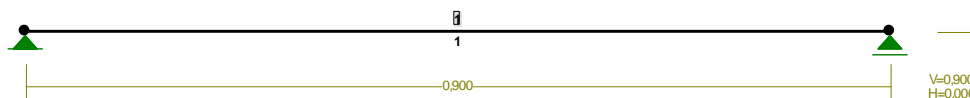
Obliczenia.

9.1. Prefabrykowana płyta drenażowa.

Obliczono pasmo płyty o szerokości 80cm. Ze względu na otwory w płycie, do wymiarowania przyjęto zredukowaną szerokość $b = 50\text{cm}$.

NAZWA: _płyta gr 8cm a=80cm_1

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	1	0,900	0,000	0,900	1,000	1 B 8x50

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

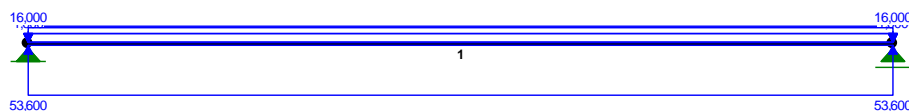
Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	400,0	83333	2133	533	533	8,0	48 C30/37

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
48 C30/37	32	21,400	1,0E-5

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 13
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:

Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	C "ciężar własny płyty"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/0,90$	
1	Liniowe	0,0	1,600	1,600	0,00	0,90
	1.1.1. Płyta filtrując p=2,000*0,800					
Grupa:	F "złoże filtrujące bez wody"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/0,80$	
1	Liniowe	0,0	9,360	9,360	0,00	0,90
	1.1.2. Złoże filtrujące bez wod p=6,500*0,800*1,800					
Grupa:	G "złoże filtrujące nawodnion"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/0,80$	
1	Liniowe	0,0	18,000	18,000	0,00	0,90
	1.1.3. Złoże filtrujące nawodnion p=12,500*0,800*1,800					
Grupa:	Q "ciśnienie podczas płukania"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,20$	
1	Liniowe	180,0	53,600	53,600	0,00	0,90
	1.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtr p=67,000*0,800					
Grupa:	W "słup wody na złożem filtru"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	16,000	16,000	0,00	0,90
	1.1.4. Wod p=10,000*0,800*2,000					

W Y N I K I wg PN-EN 1990

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

RM_Win v. 11.117 licencja nr 19542

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:

CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
C -"ciężar własny płyty"	Stałe	1,35/0,90	
F -"złoże filtrujące bez wody"	Stałe	1,35/0,80	
G -"złoże filtrujące nawodnion"	Stałe	1,35/0,80	
Q -"ciśnienie podczas płukania"	Zmienne	1 1,20	1/1/1
W -"słup wody na złożem filtru"	Zmienne	1 1,20	1/1/1

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 14
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Grupa obc.:

Relacje:

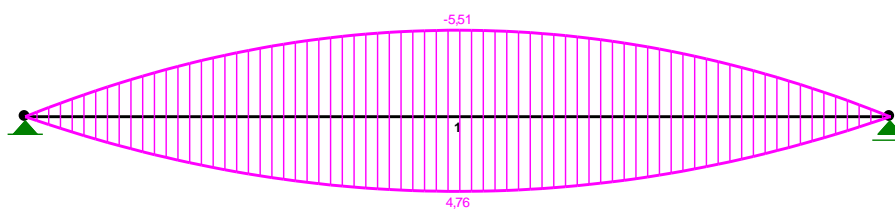
C - "ciężar własny płyty" EWENTUALNIE
F - "złożenie filtrujące bez wody" EWENTUALNIE
G - "złożenie filtrujące nawodnione" EWENTUALNIE
Q - "ciśnienie podczas płukania" EWENTUALNIE
W - "słup wody nałożony na złożenie filtra" EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

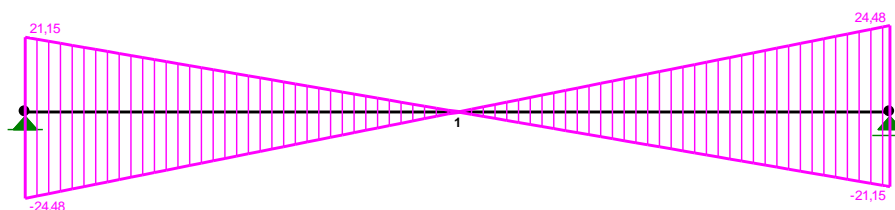
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE : $CW+C+G/F$
EWENTUALNIE: $Q+W$

MOMENTY-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZESKROJOWE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZESKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]: M[kNm]: Q[kN]: N[kN]: Kombinacja obciążeń:

1	0,450	4,76*	0,00	0,00	$1,35 \cdot (CW+C+G)+1,2 \cdot W$ (a)
	0,450	-5,51*	0,00	0,00	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,900	0,00	24,48*	0,00	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	0,00	-24,48*	0,00	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	0,00	-24,48	0,00*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot W$ (a)
	0,450	4,76	0,00	0,00*	$1,35 \cdot (CW+C+G)+1,2 \cdot W$ (a)
	0,450	-5,51	0,00	0,00*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 15
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

0,000	0,00	-24,48	0,00*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
0,450	4,76	0,00	0,00*	$1,35 \cdot (CW+C+G)+1,2 \cdot W$ (a)
0,450	-5,51	0,00	0,00*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)

* = Wartości ekstremalne

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

RM_Zb1992 v. 1.50 licencja nr 19542

Cechy przekroju:

zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,45$ m, $x_b=0,45$ m

Wymiary przekroju [cm]:

$h=8,0$, $b=50,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C30/37

$f_{ck}=30,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 30,0 / 1,40 = 21,4$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=400$ cm², $J_{cy}=2133$ cm⁴, $J_{cz}=83333$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=6,03$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 6,03 / 400 = 1,51$ %,

$J_{sy}=15$ cm⁴, $J_{sz}=1375$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,45$ m, $x_b=0,45$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **cw cfQ (b)**

Momenty zginające: $M_y = 5,51$ kNm, $M_z = 0,00$ kNm,

Siły poprzeczne: $V_z = 0,00$ kN, $V_y = 0,00$ kN,

Siła osiowa: $N = 0,00$ kN = N_{Ed} .

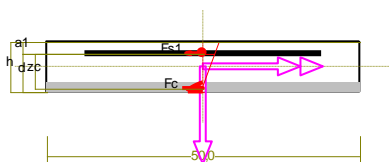
Zbrojenie wymagane:

(zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,43$ m, $x_b=0,47$ m)

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ($\xi_{lim}=0,617$).
- dla kombinacji [cw cfQ (b)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 16
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=0,00 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(5,50^2 + 0,00^2)} = 5,50 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=21,4 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=5,81 \text{ ‰}$):

$$A_{s1}=2,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow (5 \times 8 = 2,51 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=2,27 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 2,27/400=0,57 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=8,0, d=6,1, x=1,5 (\xi=0,239),$$

$$a_1=1,9, a_c=0,5, z_c=5,6, A_{cc}=73 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,82 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=5,81 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -98,81, F_{s1} = 98,80,$$

$$M_c = 3,42, M_{s1} = 2,07,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -98,81 + (98,80) = 0,00 \text{ kN} (N_{Ed}=0,00 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 3,42 + (2,07) = 5,50 \text{ kNm} (M_{Ed}=5,50 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,43 \text{ m}, x_b=0,47 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [cw cfQ (b)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=0,00 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(5,50^2 + 0,00^2)} = 5,50 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=21,4 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=6,03 \text{ cm}^2$,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,03 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 6,03/400=1,51 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=8,0, d=5,5, x=2,2 (\xi=0,400),$$

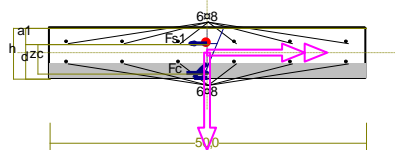
$$a_1=2,5, a_c=0,8, z_c=4,7, A_{cc}=112 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,24 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,87 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -117,96, F_{s1} = 117,96,$$

$$M_c = 3,78, M_{s1} = 1,71,$$



Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 6,91 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} = 3,78 + (1,71) = 5,50 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk}=500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{30} / 500 = 0,00088$$

Rozstaw strzemion:

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 17
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 5,0$ $x_b = 45,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 56 \times (1 + 0,000) = 42$$

przyjęto $s_{l,max} = 42$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 56 = 42 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 42$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 8,0 = 160,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{500,0; 80,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **90,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (90,0 \times 50,0 \times 1,000) = 0,00022$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00022} < \mathbf{0,00088} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 45,0$ $x_b = 85,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 56 \times (1 + 0,000) = 42$$

przyjęto $s_{l,max} = 42$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 56 = 42 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 42$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 8,0 = 160,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{500,0; 80,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **90,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (90,0 \times 50,0 \times 1,000) = 0,00022$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00022} < \mathbf{0,00088} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,05$ m, $x_b=0,85$ m, obciążenia: cw cfQ (a)

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,00;$$

$$V_{Ed} = -21,76 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_t = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{3,02}{50,0 \times 5,6} = 0,01077; \quad \rho_t \leq 0,02$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 18
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Przyjęto $\rho_l = 0,01077$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0,00 / 400,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 4,28 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ MPa}$.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/56,0} = 2,890 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 2,000$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 2,000^{3/2} \times 30^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 2,000 \times (100 \times 0,01077 \times 30)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 50,0 \times 5,6 \times 10^{-1} = 22,93 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,542 + 0,15 \times 0,00) \times 50,0 \times 5,6 \times 10^{-1} = 15,18 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 22,93 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 21,76 < 22,93 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie _plyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, obciążenia: cw cfQ (a)

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,366 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 3,97 \times (1,000 - 0,000) = 4,59 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 108,64 + 4,59 = 113,23 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 112,81 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 112,81 \text{ kN}$

$$F_{td} = 112,81 < 131,13 = 3,02 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie _plyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,45 \text{ m}$, $x_b=0,45 \text{ m}$, obciążenia: CW CFQ

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pęcznienia:

$$\sigma_{ck} = 16,042 < 30,000 = 1,00 \times 30,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pęcznienia nieliniowego:

Dopuszczono występowanie pęcznienia nieliniowego.

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 265,144 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie _plyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, obciążenia: CW CFQ

Położenie przekroju:

$$x = 0,450 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = -4,22 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 19
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Wymiary przekroju:

$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$b_w = 50,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 8,0 - 2,4 = 5,6 \text{ cm}$$

$$A_c = 400 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 533 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi:

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,00 / (50,0 \times 8,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 8,0 / 8,0 \times 2,90)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s =$$

$$= 0,400 \times 1,0 \times 2,90 \times 200 / 500 = 0,46 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3,02 > 0,46 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 533 \times 10^{-3} = 1,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 4,22 > 1,55 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,00 / 91 = 0,00000$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego INF mm, który jest większy niż $5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 (h - x) = 1,3 \times (80 - 25,6) = 70,77 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s =$$

$$= [299,4 - 0,400 \times 2,90 / 0,00000 \times (1 + 200000 / 32000 \times 0,00000)] / 200000 = -INF$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 299,4 / 200000 = 0,00090$$

Przejęto $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00090$.

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 70,77 \times 0,00090 = 0,06 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,06 < 0,3 = w_{lim}$$

Ugięcia

zadanie _płyta gr 8cm a=80cm_1, pręt nr 1, obciążenia: CW CFQ

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp [1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp [1,5 \times (16,04 / 30,0 - 0,45)]$$

$$= 2,271$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{32000}{1 + 2,271} = 9783 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 30,0 \times 533 \times 10^{-3} = 1,55 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = -4,22 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 20
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = -4,22 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 4,0 \text{ cm}$ $I_I = 2449 \text{ cm}^4$
 $x_{II} = 2,6 \text{ cm}$ $I_{II} = 850 \text{ cm}^4$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 9783 \times 2449 \times 10^{-5} = 240 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 9783 \times 850 \times 10^{-5} = 83 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (1,55 / 4,22)^2 = 0,933$$

$$1/B = \zeta 1/B_{II} + (1-\zeta) 1/B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1-\zeta) B_{II} / B_I} = \frac{83}{0,933 + (1-0,933) \times 83 / 240} = 87 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0,450 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

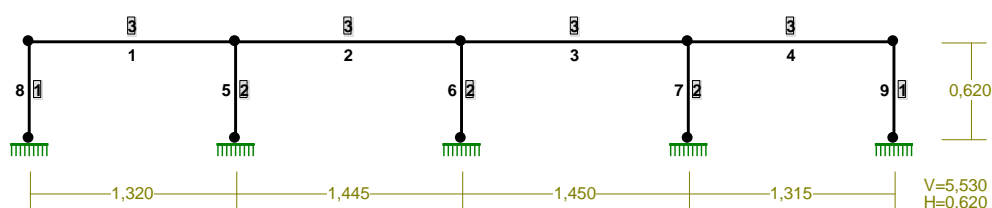
$$a = a_{\infty,d} = 3,9 \text{ mm}$$

$$a = 3,9 < 4,5 = a_{lim}$$

9.2. Ruszt.

NAZWA: _belka 4prz_słupy_2

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	3	1,320	0,000	1,320	1,000	3 I 30x17x12x8
2	00	3	2	1,445	0,000	1,445	1,000	3 I 30x17x12x8
3	00	2	4	1,450	0,000	1,450	1,000	3 I 30x17x12x8
4	00	4	1	1,315	0,000	1,315	1,000	3 I 30x17x12x8

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 21
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

5	00	3	5	0,000	-0,620	0,620	1,000	2 B 35x15
6	00	2	6	0,000	-0,620	0,620	1,000	2 B 35x15
7	00	4	7	0,000	-0,620	0,620	1,000	2 B 35x15
8	00	0	8	0,000	-0,620	0,620	1,000	1 B 17,5x15
9	00	1	9	0,000	-0,620	0,620	1,000	1 B 17,5x15

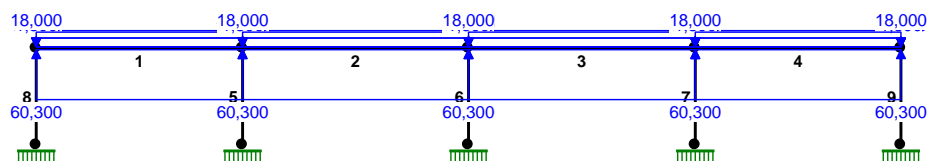
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Material:
1	262,5	6699	4922	766	766	17,5	47 C25/30
2	525,0	53594	9844	3063	3063	35,0	47 C25/30
3	438,0	37782	9349	2547	2492	30,0	47 C25/30

STAŁE MATERIAŁOWE:

Material:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
47 C25/30	31	17,900	1,0E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	C "ciężar własny płyty"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/0,90$	
1	Liniowe	0,0	1,800	1,800	0,00	1,32
	1.1.1. Płyta filtrując p=2,000*0,900					
2	Liniowe	0,0	1,800	1,800	0,00	1,45
	1.1.1. Płyta filtrując p=2,000*0,900					
3	Liniowe	0,0	1,800	1,800	0,00	1,45
	1.1.1. Płyta filtrując p=2,000*0,900					
4	Liniowe	0,0	1,800	1,800	0,00	1,32
	1.1.1. Płyta filtrując p=2,000*0,900					
Grupa:	F "złoże filtrujące bez wody"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/0,80$	
1	Liniowe	0,0	10,530	10,530	0,00	1,32
	1.1.2. Złoże filtrujące bez wod p=6,500*0,900*1,800					
2	Liniowe	0,0	10,530	10,530	0,00	1,45
	1.1.2. Złoże filtrujące bez wod p=6,500*0,900*1,800					

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 22
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

3	Liniowe	0,0	10,530	10,530	0,00	1,45
	1.1.2. Złoże filtrujące bez wod	p=6,500*0,900*1,800				
4	Liniowe	0,0	10,530	10,530	0,00	1,32
	1.1.2. Złoże filtrujące bez wod	p=6,500*0,900*1,800				

Grupa: G "złoże filtrujące nawodnion" Stałe $\gamma_G = 1,35/0,80$

1	Liniowe	0,0	20,250	20,250	0,00	1,32
	1.1.3. Złoże filtrujące nawodnion	p=12,500*0,900*1,800				
2	Liniowe	0,0	20,250	20,250	0,00	1,45
	1.1.3. Złoże filtrujące nawodnion	p=12,500*0,900*1,800				
3	Liniowe	0,0	20,250	20,250	0,00	1,45
	1.1.3. Złoże filtrujące nawodnion	p=12,500*0,900*1,800				
4	Liniowe	0,0	20,250	20,250	0,00	1,32
	1.1.3. Złoże filtrujące nawodnion	p=12,500*0,900*1,800				

Grupa: Q "ciśnienie podczas płukania" Zmienne $\gamma_Q = 1,20$

1	Liniowe	180,0	60,300	60,300	0,00	1,32
	1.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtr	p=67,000*0,900				
2	Liniowe	180,0	60,300	60,300	0,00	1,45
	1.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtr	p=67,000*0,900				
3	Liniowe	180,0	60,300	60,300	0,00	1,45
	1.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtr	p=67,000*0,900				
4	Liniowe	180,0	60,300	60,300	0,00	1,32
	1.2.1. Ciśnienie podczas płukania filtr	p=67,000*0,900				

Grupa: W "słup wody na złożem filtru" Zmienne $\gamma_W = 1,20$

1	Liniowe	0,0	18,000	18,000	0,00	1,32
	1.1.4. Wod	p=10,000*0,900*2,000				
2	Liniowe	0,0	18,000	18,000	0,00	1,45
	1.1.4. Wod	p=10,000*0,900*2,000				
3	Liniowe	0,0	18,000	18,000	0,00	1,45
	1.1.4. Wod	p=10,000*0,900*2,000				
4	Liniowe	0,0	18,000	18,000	0,00	1,32
	1.1.4. Wod	p=10,000*0,900*2,000				

W Y N I K I wg PN-EN 1990

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

RM_Win v. 11.120 licencja nr 19542

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
C -"ciężar własny płyty"	Stałe	1,35/0,90	
F -"złoże filtrujące bez wody"	Stałe	1,35/0,80	
G -"złoże filtrujące nawodnion"	Stałe	1,35/0,80	
Q -"ciśnienie podczas płukania"	Zmienne	1 1,20	1/1/1
W -"słup wody na złożem filtru"	Zmienne	1 1,20	1/1/1

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
-------------	----------

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 23
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

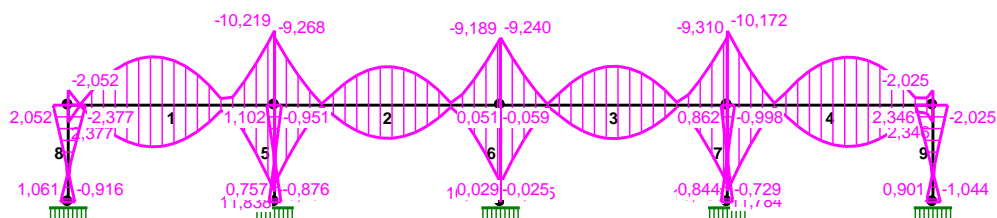
C - "ciężar własny płyty" EWENTUALNIE
 F - "złoże filtrujące bez wody" EWENTUALNIE
 G - "złoże filtrujące nawodnione" EWENTUALNIE
 Q - "ciśnienie podczas płukania" EWENTUALNIE
 W - "słup wody na złożu filtru" EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

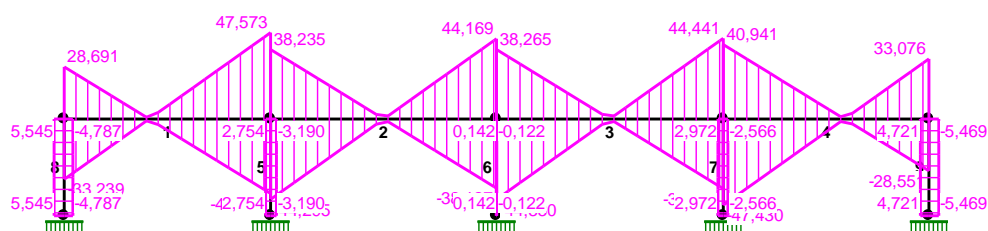
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE : CW+C+G/F
 EWENTUALNIE: Q+W

MOMENTY-OBWIEDNIE:

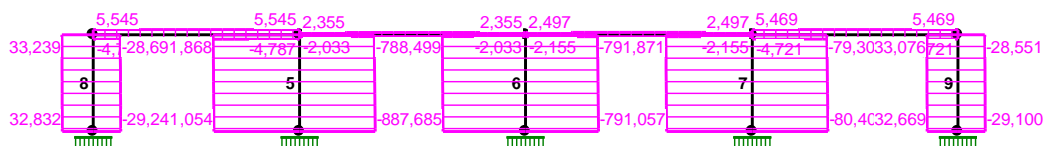


SIŁY PRZESKÓCZENIA-OBWIEDNIE:



Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 24
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,320	11,838*	47,573	5,545	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,320	-10,219*	-41,065	-4,787	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	1,320	11,838	47,573*	5,545	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,320	11,838	47,573	5,545*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,578	-6,609	2,116	5,545*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,320	-10,219	-41,065	-4,787*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,578	5,705	-1,827	-4,787*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
2	0,000	10,737*	-44,295	2,355	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	-9,268*	38,235	-2,033	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,000	10,737	-44,295*	2,355	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	10,737	-44,295	2,355*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,723	-5,288	-0,063	2,355*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	-9,268	38,235	-2,033*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,723	4,564	0,054	-2,033*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
3	1,450	10,786*	44,441	2,497	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,450	-9,310*	-38,361	-2,155	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	1,450	10,786	44,441*	2,497	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,450	10,786	44,441	2,497*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,725	-5,345	0,056	2,497*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	1,450	-9,310	-38,361	-2,155*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,725	4,613	-0,048	-2,155*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
4	0,000	11,784*	-47,430	5,469	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	-10,172*	40,941	-4,721	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,000	11,784	-47,430*	5,469	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	11,784	-47,430	5,469*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,740	-6,551	-2,145	5,469*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	-10,172	40,941	-4,721*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,740	5,655	1,852	-4,721*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
5	0,000	1,102*	-3,190	91,868	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	-0,951*	2,754	-79,300	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)
	0,000	1,102	-3,190*	91,868	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,620	-0,876	-3,190*	91,054	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,000	1,102	-3,190	91,868*	CW+0,9·C+0,8·F+1,2·Q (a)
	0,620	0,757	2,754	-80,399*	1,35·(CW+C+G)+1,2·W (a)

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 25
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

6	0,000	0,051*	-0,122	-76,392	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,000	-0,059*	0,142	88,499	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	0,029	0,142*	87,685	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-0,059	0,142*	88,499	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-0,059	0,142	88,499*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	-0,025	-0,122	-77,491*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
7	0,000	0,862*	-2,566	-79,302	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,000	-0,998*	2,972	91,871	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	0,844	2,972*	91,057	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-0,998	2,972*	91,871	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-0,998	2,972	91,871*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	-0,729	-2,566	-80,401*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
8	0,000	2,052*	-4,787	-28,691	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,000	-2,377*	5,545	33,239	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	1,061	5,545*	32,832	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-2,377	5,545*	33,239	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-2,377	5,545	33,239*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	-0,916	-4,787	-29,241*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
9	0,000	2,346*	-5,469	33,076	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	-2,025*	4,721	-28,551	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,000	2,346	-5,469*	33,076	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	-1,044	-5,469*	32,669	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,000	2,346	-5,469	33,076*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,620	0,901	4,721	-29,100*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	R [kN]:	M [kNm]:	Kombinacja obciążeń:
6	3,190*	-91,054	91,110	-0,876	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	-2,754*	80,399	80,446	0,757	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-2,510*	73,201	73,244	0,689	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-2,754	80,399*	80,446	0,757	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-2,510	73,201*	73,244	0,689	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	3,190	-91,054*	91,110	-0,876	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	3,190	-91,054	91,110*	-0,876	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	-2,754	80,399	80,446	0,757*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-2,510	73,201	73,244	0,689*	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	3,190	-91,054	91,110	-0,876*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
7	0,122*	77,491	77,491	-0,025	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,111*	70,551	70,551	-0,023	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-0,142*	-87,685	87,685	0,029	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,122	77,491*	77,491	-0,025	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,111	70,551*	70,551	-0,023	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-0,142	-87,685*	87,685	0,029	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	-0,142	-87,685	87,685*	0,029	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	-0,142	-87,685	87,685	0,029*	$CW+0,9 \cdot C+0,8 \cdot F+1,2 \cdot Q$ (a)
	0,122	77,491	77,491	-0,025*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	0,111	70,551	70,551	-0,023*	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 26
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

8	2,566*	80,401	80,442	-0,729	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	2,338*	73,203	73,240	-0,664	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-2,972*	-91,057	91,105	0,844	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	2,566	80,401*	80,442	-0,729	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	2,338	73,203*	73,240	-0,664	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-2,972	-91,057*	91,105	0,844	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-2,972	-91,057	91,105*	0,844	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-2,972	-91,057	91,105	0,844*	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	2,566	80,401	80,442	-0,729*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	2,338	73,203	73,240	-0,664*	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
9	4,787*	29,241	29,630	-0,916	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	4,362*	26,614	26,969	-0,834	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-5,545*	-32,832	33,297	1,061	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	4,787	29,241*	29,630	-0,916	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	4,362	26,614*	26,969	-0,834	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-5,545	-32,832*	33,297	1,061	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-5,545	-32,832	33,297*	1,061	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-5,545	-32,832	33,297	1,061*	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	4,787	29,241	29,630	-0,916*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	4,362	26,614	26,969	-0,834*	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
10	5,469*	-32,669	33,124	-1,044	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-4,721*	29,100	29,481	0,901	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-4,302*	26,486	26,833	0,821	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	-4,721	29,100*	29,481	0,901	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-4,302	26,486*	26,833	0,821	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	5,469	-32,669*	33,124	-1,044	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	5,469	-32,669	33,124*	-1,044	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)
	-4,721	29,100	29,481	0,901*	$1,35 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (a)
	-4,302	26,486	26,833	0,821*	$1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+C+G) + 1,2 \cdot W$ (b)
	5,469	-32,669	33,124	-1,044*	$CW + 0,9 \cdot C + 0,8 \cdot F + 1,2 \cdot Q$ (a)

* = Wartości ekstremalne

9.2.1. Belka.

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

Cechy przekroju:

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,58$ m, $x_b=0,74$ m

Wymiary przekroju [cm]:

$h=30,0$, $b=17,0$, $b_w=8,0$, $b_{eff}=17,0$, $h_f=12,0$, $h'_f=10,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30

$f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=438$ cm², $J_{cy}=37782$ cm⁴, $J_{cz}=9349$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=9,05$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 9,05 / 438 = 2,07$ %,

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 27
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

$$J_{sy}=1156 \text{ cm}^4, J_{sz}=116 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,58 \text{ m}$, $x_b=0,74 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **cw cfQ (b)**

Momenty zginające: $M_y = 6,609 \text{ kNm}$, $M_z = 0,000 \text{ kNm}$,

Siły poprzeczne: $V_z = 2,116 \text{ kN}$, $V_y = 0,000 \text{ kN}$,

Siła osiowa: $N = 5,545 \text{ kN} = N_{Ed}$.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=1,32 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$)

Obliczenia wykonano:

- dla kombinacji [**cw cfQ (b)**] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=5,545 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-11,838^2 + 0,000^2)} = 11,838 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$):

$$A_{s1}=1,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 10 = 1,57 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,14 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 1,14/438=0,26 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=26,5, x=2,9 (\xi=0,111),$$

$$a_1=3,5, a_c=1,0, z_c=25,5, A_{cc}=50 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,24 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-43,958, F_{s1}=49,504,$$

$$M_c=6,064, M_{s1}=5,774,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-43,958+(49,504)=5,545 \text{ kN} (N_{Ed}=5,545 \text{ kN})$$

$$M_c+M_{s1}=6,064+(5,774)=11,838 \text{ kNm} (M_{Ed}=11,838 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=1,32 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [**cw cfQ (b)**] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=5,545 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-11,838^2 + 0,000^2)} = 11,838 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=4,52 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=4,52 \text{ cm}^2$,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,05 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 9,05/438=2,07 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=26,3, x=8,4 (\xi=0,320),$$

$$a_1=3,7, a_2=3,7, a_c=2,8, z_c=23,5, A_{cc}=143 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,28 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,16 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=0,59 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 28
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

$$F_c = -34,102, F_{s1} = 53,812, F_{s2} = -14,165,$$

$$M_c = 4,092, M_{s1} = 6,169, M_{s2} = 1,577,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = \mathbf{44,172 \text{ kNm}} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 4,092 + (6,169) + (1,577) = \mathbf{11,838 \text{ kNm}}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 6 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 500$, dla której $f_{ywd} = 435 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 22,9 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 263 \times (1 + 0,000) = 197$$

przyjęto $s_{l,max} = 197 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 263 = 197 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 197 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm}.$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{80,0; 300,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 8,0 \times 1,000) = 0,00707$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00707} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 22,9$ $x_b = 53,6 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 263 \times (1 + 0,000) = 197$$

przyjęto $s_{l,max} = 197 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 263 = 197 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 197 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm}.$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{80,0; 300,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0 \text{ mm}$.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 29
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 8,0 \times 1,000) = 0,00393$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00393} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 53,6$ $x_b = 86,6$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 263 \times (1 + 0,000) = 197$$

przyjęto $s_{l,max} = 197$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 263 = 197 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 197$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{80,0; 300,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 8,0 \times 1,000) = 0,00393$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00393} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 4

Początek i koniec strefy: $x_a = 86,6$ $x_b = 132,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 263 \times (1 + 0,000) = 197$$

przyjęto $s_{l,max} = 197$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 263 = 197 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 197$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{80,0; 300,0\} = 80,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 80,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 48,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **8,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (8,0 \times 8,0 \times 1,000) = 0,00884$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00884} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 30
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Ścinanie

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,25$ m, $x_b=1,07$ m, obciążenia: cw cfQ (a)

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 5,545$;
 $V_{Ed} = -18,086$ kN

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{4,52}{8,0 \times 26,3} = 0,02150; \quad \rho \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,02000$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = -5,545 / 438,00 \times 10 = -0,13 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,00$ MPa.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/263,0} = 1,872 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,872$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,872^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,448$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,872 \times (100 \times 0,02000 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 8,0 \times 26,3 \times 10^{-1} = 18,656 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,448 + 0,15 \times 0,00) \times 8,0 \times 26,3 \times 10^{-1} = 9,431 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 18,656$ kN

$$V_{Ed} = 18,086 < 18,656 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, obciążenia: cw cfQ (a)

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 1,155$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 37,472 \times (1,997 - 0,000) = 37,415 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 23,456 + 37,415 = 60,870 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 53,812 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 53,812$ kN

$$F_{td} = 53,812 < 196,691 = 4,52 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=1,32$ m, $x_b=0,00$ m, obciążenia: CW CFQ

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 31
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

$$\sigma_{ck} = 3,849 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pękania nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = 3,849 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 89,306 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, obciążenia: CW CFQ

Położenie przekroju:

$$x = 1,320 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 9,064 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 4,246 \text{ kN } e = 213,5 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 36,425 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 8,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 30,0 - 3,7 = 26,3 \text{ cm}$$

$$A_c = 613 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3966 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi:

$$k_c = 0,9 F_{cr} / A_{ct} f_{ct,eff} = 0,9 \times 29,63 / (211 \times 2,60) \times 10^{-3} = 0,539; \quad k_c \leq 0,5$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s =$$

$$= 0,539 \times 1,0 \times 2,60 \times 211 / 500 = 0,59 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4,52 > 0,59 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 3966 \times 10^{-3} = 10,312 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e/W_c + 1/A_c} = \frac{2,6}{213,5/3966,30 + 1/613,12} \times 10^{-1} = 4,689 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 4,246 < 4,689 = N_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Ugięcia

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 1, obciążenia: CW CFQ

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pękania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(\infty, t_0) = 2,00$.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 32
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 25,0 \times 3966 \times 10^{-3} = 10,312 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 9,064 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 9,064 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 14,9 \text{ cm}$ $I_I = 60146 \text{ cm}^4$
 $x_{II} = 10,1 \text{ cm}$ $I_{II} = 32404 \text{ cm}^4$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 60146 \times 10^{-5} = 6215 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0,578 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 5,3 = a_{lim}$$

9.2.2. Słup.

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

Cechy przekroju:

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}$, $x_b = 0,62 \text{ m}$

Wymiary przekroju [cm]:

$$h = 35,0, \quad b = 15,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}, f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 525 \text{ cm}^2, \quad J_{cy} = 53594 \text{ cm}^4, \quad J_{cz} = 9844 \text{ cm}^4$$

STAL: fyk=500

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s = 1,15, \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 6,79 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 6,79 / 525 = 1,29 \%,$$

$$J_{sy} = 753 \text{ cm}^4, \quad J_{sz} = 72 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}$, $x_b = 0,62 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **cw cfQ (b)**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_y = -1,102 \text{ kNm}, \quad M_z = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_z = -3,190 \text{ kN}, \quad V_y = 0,000 \text{ kN},$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 33
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Siła osiowa: $N = 91,868 \text{ kN} = N_{Ed}$.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a=0,10 \text{ m}$, $x_b=0,52 \text{ m}$)

Obliczenia wykonano:

- dla kombinacji [cw cfQ (b)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=91,740 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-0,789^2 + 0,000^2)} = 0,789 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=22,50 \text{ ‰}$):

$$A_{s1}=1,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 10 = 1,57 \text{ cm}^2),$$

Zbrojenie mniej rozciągane ($\varepsilon_{s2}=22,50 \text{ ‰}$):

$$A_{s2}=1,00 \text{ cm}^2 < \min A_{s2}=1,05 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s2}=1,05 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 10 = 1,57 \text{ cm}^2)$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=2,13 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 2,13/525=0,40 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=35,0, d=31,5, x=0,0 (\xi=0,000),$$

$$a_1=3,5, a_2=3,5,$$

$$\varepsilon_{s2}=22,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=22,50 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_{s1} = 48,939, F_{s2} = 43,301,$$

$$M_{s1} = 6,851, M_{s2} = -6,062,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$+F_{s1}+F_{s2}=+(48,939)+(43,301)=92,240 \text{ kN} (N_{Ed}=91,740 \text{ kN})$$

$$+M_{s1}+M_{s2}=+(6,851)+(-6,062)=0,789 \text{ kNm} (M_{Ed}=0,789 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a=0,00 \text{ m}$, $x_b=0,62 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [cw cfQ (b)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed}=91,868 \text{ kN},$$

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-1,102^2 + 0,000^2)} = 1,102 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=2,26 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie mniej rozciągane: $A_{s2}=4,52 \text{ cm}^2$,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 6,79/525=1,29 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=35,0, d=30,4, x=0,0 (\xi=0,000),$$

$$a_1=4,6, a_2=11,5,$$

$$\varepsilon_{s2}=0,58 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=0,77 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_{s1} = 34,893, F_{s2} = 56,975,$$

$$M_{s1} = 4,501, M_{s2} = -3,399,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |275,554| \text{ kN} > N_{Ed} = +F_{s1}+F_{s2} = +(34,893)+(56,975) = |91,868| \text{ kN}$$

Ścinanie

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 34
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=0,62$ m, obciążenia: cw cfQ (a)

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 91,868$;
 $V_{Ed} = -3,190$ kN

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{2,26}{15,0 \times 30,4} = 0,00496; \quad \rho \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00496$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = -91,868 / 525,00 \times 10 = -1,75 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,00$ MPa.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/304,0} = 1,811 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,811$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,811^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,427$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,811 \times (100 \times 0,00496 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 15,0 \times 30,4 \times 10^{-1} = 24,578 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,427 + 0,15 \times 0,00) \times 15,0 \times 30,4 \times 10^{-1} = 19,450 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 24,578$ kN

$$V_{Ed} = 3,190 < 24,578 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, obciążenia: cw cfQ (a)

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,232$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 3,190 \times (1,000 - 0,000) = 3,190 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 31,916 + 3,190 = 35,106 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 34,893 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 34,893$ kN

$$F_{td} = 34,893 < 98,346 = 2,26 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

zadanie _belka 4prz_słupy_2, pręt nr 5, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=0,62$ m, obciążenia: CW CFQ

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 0,000 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 35
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = 0,000 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 118,112 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

zadanie _belka 4prz _słupy_2, pręt nr 5, obciążenia: CW CFQ

Położenie przekroju:

$$x = 0,000 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 0,844 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 70,340 \text{ kN} \quad e = 1,2 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = -2,443 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 35,0 - 4,6 = 30,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 613 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3895 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi:

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 70,340 / (15,0 \times 35,0) \times 10 = -1,340 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - (-1,340 / (0,800 \times 35,0 / 35,0 \times 2,60))] = 0,709; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_c / \sigma_s = 0,709 \times 1,0 \times 2,60 \times 263 / 500 = 0,97 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2,26 > 0,97 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 3895 \times 10^{-3} = 10,127 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1 / A_c} = \frac{2,6}{1,2 / 3895,11 + 1 / 612,56} \times 10^{-1} = 133,995 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 70,340 < 133,995 = N_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Ugięcia

zadanie _belka 4prz _słupy_2, pręt nr 5, obciążenia: CW CFQ

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Obiekt:	Filtr nr 2, Budynek Filtrów II-go stopnia Stacja wodociągowa „Czyżkówko”	Strona: 36
Faza:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(\infty, t_0) = 2,00$.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 25,0 \times 3895 \times 10^{-3} = 10,127 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 0,844 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 0,844 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$x_I = 17,5 \text{ cm}$	$I_I = 68164 \text{ cm}^4$
$x_{II} = 9,6 \text{ cm}$	$I_{II} = 24459 \text{ cm}^4$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 68164 \times 10^{-5} = 7044 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0,000 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a = 0,0 < 2,5 = a_{lim}$$

Opracował:

mgr inż. Józef Abramowicz