

NAZWA ELEMENTU PROJEKTU BUDOWLANEGO

TOM

PROJEKT TECHNICZNY

II / IV

KONSTRUKCJE

NAZWA ZAMIERZENIA BUDOWLANEGO

**ROZBUDOWA WIELKOPOLSKIEGO CENTRUM SPECJALISTYCZNEGO:
BUDYNEK "F" ORAZ SOR Z PODJAZDEM DLA KARETEK I UKŁADEM
DROGOWYM**

ADRES OBIEKTU BUDOWLANEGO

UL. JURASZÓW 7/19, 60-479POZNAŃ

KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO

XI

IDENTYFIKATORY DZIAŁEK EWIDENCYJNYCH

306401_1.0020.AR_27.1/6; 306401_1.0020.AR_27.2/17

INWESTOR

SZPITAL WOJEWÓDZKI W POZNANIU

UL. JURASZÓW 7/19, 60-479POZNAŃ

JEDNOSTKA PROJEKTOWA



TPF Sp. z o.o.

Ul. Annopol 22

03-236 Warszawa

+48 22 57 58 110

tpf@tpf.com.pl

www.tpf.com.pl

FUNKCJA / ZAKRES OPRACOWANIA	IMIĘ, NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ / SPECJALNOŚĆ	DATA / PODPIS
PROJEKTANT KONSTRUKCJE	mgr inż. Bogusław Stejkowski	158/01/WŁ do projektowania w specjalności konstrukcyjno- budowlanej bez ograniczeń	LISTOPAD 2021 r.
SPRAWDZAJĄCY KONSTRUKCJE	mgr inż. Marcin Kraciuk	MAZ/0009/P00K/06 do projektowania w specjalności konstrukcyjno- budowlanej bez ograniczeń	LISTOPAD 2021 r.

SPIS TREŚCI

I.	Opis techniczny	str. 3-10
II.	Obliczenia sprawdzające	str. 11-47
III.	Rysunki:	
	296-PT-K-00	UWAGI I WYTYCZNE
	296-PT-K-10	RZUT FUNDAMENTÓW 1/2
	296-PT-K-11	RZUT FUNDAMENTÓW 2/2
	296-PT-K-12	RZUT PIWNICY 1/2
	296-PT-K-13	RZUT PIWNICY 2/2
	296-PT-K-14	RZUT PARTERU 1/2
	296-PT-K-15	RZUT PARTERU 2/2
	296-PT-K-16	RZUT PIĘTRA 1
	296-PT-K-17	RZUT PIĘTRA 2
	296-PT-K-18	RZUT PIĘTRA 3
	296-PT-K-19	RZUT PIĘTRA 4

OPIS TECHNICZNY

PODSTAWA OPRACOWANIA PROJEKTU KONSTRUKCYJNEGO:

1. Umowa pomiędzy firmą BOMAR PROJEKT Konstrukcje Budowlane Bogusław Stejkowski, a firmą TPF Sp. z o.o. ul. Annopol 22, 00-236 Warszawa
2. Geotechniczne warunki posadowienia. Opinia geotechniczna, określająca warunki gruntowo-wodne, sporządzona we wrześniu 2021r, przez Firmę Geologiczną Felkel & Guś Sp. z o.o.
3. Normy EUROKOD
PN-EN-1990: Podstawy projektowania konstrukcji.
PN-EN-1991: Oddziaływania na konstrukcję.
PN-EN-1991-1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
PN-EN-1991-1-3: Oddziaływania ogólne- Obciążenie śniegiem.
PN-EN-1991-1-4: Oddziaływania ogólne- Oddziaływania wiatru.
PN-EN 1992-1-1: Projektowanie konstrukcji z betonu. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
PN-EN 1996-1-1: Projektowanie konstrukcji murowych. Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
PN-EN 1997-1: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
4. Polskie Normy (normy wycofane) :

PN-82/B-02001	OBCIĄŻENIA
PN-82/B-02003	OBCIĄŻENIA
PN-82/B-02004	OBCIĄŻENIA
PN-82/B-02010	OBCIĄŻENIA
PN-82/B-02011	OBCIĄŻENIA
PN-82/B-03020	GRUNTY BUDOWLANE
PN-B-03264/2002	KONSTRUKCJE BETONOWE
PN-B-03002/1999	KONSTRUKCJE MUROWE NIEZBROJONE

Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz. U. 2002 poz. 1386), dopuszcza jednak zasadę fakultatywności stosowania norm, umożliwiając stosowanie zarówno norm aktualnych, jak i wycofanych.
5. Uzgodnienia międzybranżowe.
6. Archiwalny projekt w zakresie konstrukcji budynku z 2008 r

7. INSTRUKCJA ITB 409/2005 – Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową.
8. Ustawa z dnia 07.07.1994 Prawo budowlane (Dz.U. nr 207, poz. 2016 z 2003 r. z późniejszymi zmianami).
9. Programy komputerowe wspomagające projektowanie :
ZWCAD, Rm-Win, ABC-płyta, Robot Expert

PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

W zakres opracowania wchodzi projekt techniczny rozbudowy Wielkopolskiego Centrum Specjalistycznego położonego przy ul. Juraszów 7/19 w Poznaniu. W ramach rozbudowy zostanie dobudowany budynek „F” oraz rozbudowany budynek „D”. Oba budynki o funkcji szpitalnej.

Przedmiotem opracowania jest główna konstrukcja nośna budynków.

W ramach dobudowy (bud. F) projektuje się budynek szpitalny 5 kondygnacyjny z podpiwniczeniem, Posadowiony będzie na podłożu gruntowym za pośrednictwem płyty fundamentowej i miejscami na ławach fundamentowych. Z racji swoich gabarytów budynek podzielony został jedną dylatacją.

Budynek zaprojektowano w konstrukcji żelbetowej płytowo-słupowej. Każda z dwóch części dylatacyjnych posiada trzon klatkowy lub klatkowo-windowy, który stanowi usztywnienie budynku i zapewnia mu stateczność przestrzenną.

Niniejsze opracowanie nie jest wystarczające do prowadzenia prac budowlano-montażowych. Przed przystąpieniem do robót budowlanych niezbędne jest wykonanie projektów wykonawczych konstrukcji wraz z rysunkami roboczymi, uzupełniających obliczeń statycznych elementów konstrukcyjnych itp.

Poza zakresem niniejszego opracowania są:

1. Projekt zabezpieczenie i ewentualnego odwodnienia wykopu
2. Ekspertyza techniczna istniejących obiektów budowlanych pod kątem rozbudowy i przebudowy, w tym oceniająca możliwość obciążenia konstrukcji dodatkowymi siłami od części rozbudowywanej i przebudowywanej.
3. Posadowienie pośrednie pod rozbudowę, w tym pale wiercone stanowiące podparcie dla samonośnej ściany parteru w części przebudowywanej (budynek z 2010 r.)

Opracowania powyższe mogą być wykonane na etapie projektu wykonawczego.

OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

Część medyczną kompleksu, stanowią budynki: łóżkowy, diagnostyczny i przychodnia wielospecjalistyczna. Pozostałe budynki kompleksu tworzą część pomocniczą i administracyjną. Wszystkie te obiekty zostały oddane do użytku w pierwszej połowie lat 70-tych.

Budynki medyczne połączone są ze sobą systemem łączników zapewniających wewnętrzną komunikację na etapie diagnozowania, przeprowadzania zabiegów operacyjnych i hospitalizacji.

Budynek łóżkowy – budynek całkowicie podpiwniczony o ośmiu kondygnacjach nadziemnych, pełniący funkcje budynku szpitalnego mieszczącego w części parteru i na piętrach od I do VII wszystkie oddziały szpitalne.

Budynek diagnostyczny – budynek całkowicie podpiwniczony o trzech kondygnacjach nadziemnych, pełniący funkcje budynku diagnostyczno-zabiegowego, mieszczący na kondygnacjach nadziemnych:

Parter – Izbę Przyjęć Planowych, Oddział Ratunkowy, Hydroterapię i Fizykoterapię

I piętro – Zakład Badań Czynnościowych i Rehabilitacji, Zakład Diagnostyki Endoskopowej, Zakład Rentgenodiagnostyki z Pracownią Tomografii Komputerowej, Pracownia Kardiologii Inwazyjnej,

II piętro – Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej i Mikrobiologicznej, Blok Operacyjny z Centralną Sterylizacją, oraz kuchnię centralną, pomieszczenia administracyjne, zaopatrzenia medycznego i pomocnicze.

W kondygnacji piwnicy usytuowane są pomieszczenia techniczne oraz socjalne.

Przychodnia wielospecjalistyczna – budynek częściowo podpiwniczony o trzech kondygnacjach nadziemnych, mieszczących zespół 22 poradni specjalistycznych, rejestrację, centralną szatnię dla pacjentów przychodni i odwiedzających oraz pomieszczenia o charakterze pomocniczym. W kondygnacji piwnicy usytuowane są pomieszczenia techniczne.

W roku 2008 wykonano projekt konstrukcji nowego bloku operacyjnego i centralnej sterylizatorni wraz z przebudową istniejącego Szpitala Wojewódzkiego. Budynek istnieje

OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ STATYCZNYCH

stropy kondygnacji szpitalnej	5,0 kN/m ²
posadzka w piwnicy	7,5 kN/m ²
klatki schodowe	3,0 kN/m ²

stropodach

0,4 kN/m²

Obciążenia warstwami posadzkowymi wg architektonicznego opisu warstw posadzkowych – wg zestawienia obciążeń w dalszej części opracowania.

PODSTAWOWE MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

BETON	C30/37 W8 – fundamenty i zewnętrzne ściany podziemia C35/45 – słupy poziomów -1, 0, 1 C30/37 – pozostała konstrukcja
BETON PODKŁADOWY	C8/10
STAL ZBROJENIOWA	A-IIIN (B500SP)
BLOCZKI SILIKATOWE (1grupa)	KLASA 15 MPa
ZAPRAWA CEMENTOWO – WAPIENNA	M10

STREFY OBCIĄŻEŃ KLIMATYCZNYCH

Obciążenie śniegiem	II strefa
Obciążenie wiatrem	I strefa

DYLATACJE I ZABEZPIECZENIA PRZED SKURCZEM ELEMENTÓW ŻELBETOWYCH

Długość każdej części dylatacyjnej wynosi około 47m, z tego względu zabezpieczeniem przed skurczem dla konstrukcji żelbetowych będą odpowiednio wydzielone etapy dla jednoczesnego betonowania (fazy betonowania stropów w tzw. szachownicę).

TOLERANCJA WYKONANIA

Elementy konstrukcyjne wykonać wg *Warunków Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlano-Remontowych*.

KLASY EKSPOZYCJI I WIELKOŚCI OTULIN

Wg rysunku 296-PT-K-00 – uwagi i wytyczne

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH I WODNYCH PODŁOŻA GRUNTOWEGO, KATEGORIA GEOTECHNICZNA

W podłożu gruntowym w miejscu posadowienia konstrukcji planowanego budynku występują warstwy nasypów niekontrolowanych (PAKIET I). Poniżej, na głębokości 0,2 – 1,4 m p.p.t. zalegają nieskonsolidowane gliny zwałowe wykształcone jako gliny piaszczyste i piaski gliniaste (PAKIET II) w stanie od plastycznego do zwartego ($IL=0,25-0,00$). Na głębokości 6,7 – 7,7 m p.p.t. zalegają skonsolidowane gliny zwałowe – piaski gliniaste i gliny piaszczyste (PAKIET III) w stanie plastycznym i twardoplastycznym ($IL=0,35-0,15$).

Niżej, na głębokości 10,4 – 10,9 m p.p.t. zalegają piaski drobno- i średnioziarniste (PAKIET V) w stanie zagęszczonym i bardzo zagęszczonym ($ID=0,70-0,85$). W ich obrębie zalegają gliny pylaste i pyły piaszczyste w stanie twardoplastycznym ($IL=0,15-0,05$).

Warstwa nasypów niekontrolowanych, które ze względu na niejednorodny skład i stan klasyfikuje się jako grunty słabonośne, nie może stanowić podłoża fundamentów budynku oraz konstrukcji układu drogowego. O ile, w miejscu projektowanego budynku nasypy niekontrolowane występują płytko w stosunku do głębokości posadowienia i zostaną usunięte w trakcie robót ziemnych, to w miejscu układu drogowego należy przewidzieć konieczność ich wymiany na grunt o kontrolowanym składzie oraz parametrach nośności lub wzmocnienie podłoża.

Wszystkie występujące na terenie badań rodzime grunty mineralne (spoiste i niespoiste) zalicza się do gruntów nośnych, charakteryzujących się korzystnymi parametrami geotechnicznymi dla posadowienia bezpośredniego projektowanego budynku.

Grunty spoiste (PAKIET II, III i IV) są wrażliwe na zmiany wilgotności oraz drgania od maszyn budowlanych, w wyniku czego może nastąpić uplastycznianie się tych gruntów, a w efekcie obniżenie nośności. Wykopy wykonane w gruntach spoistych należy zabezpieczyć powierzchniowo przed działaniem wód opadowych oraz nie dopuścić do stagnacji wody w wykopie. Grunty uplastycznione należy usunąć z wykopu i zastąpić chudym betonem lub stabilizacją. Projekt budynku oraz infrastruktury towarzyszącej należy dostosować do stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych, z uwzględnieniem nośności i odkształcalności gruntów oraz rodzaju, wielkości i charakteru obciążeń przekazywanych na podłoże, tak aby zapewnić stateczność projektowanych obiektów.

W sierpniu 2021 r. podczas wykonywania prac, nawiercono zwierciadło wód gruntowych o charakterze napiętym na głębokości 10,4 – 14,4 m p.p.t. (79,91 – 75,91 m n.p.m.), zmierzona stabilizacja zwierciadła wód kształtowała się na głębokości 4,2 – 6,1 m p.p.t. (84,43 - 86,11 m n.p.m.). Woda podziemna występuje poniżej poziomu posadowienia

projektowanego budynku. Realizacja poszczególnych prac ziemnych wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych odbiorów podłoża gruntowego. Zaleca się, aby odbiór robót związanych z realizacją posadowienia budowli odbył się przy udziale uprawnionego geologa. Ewentualne odstępstwa od założeń projektowych należy niezwłocznie przekazać projektantowi konstrukcji obiektu oraz inwestorowi. Należy wykluczyć, że zaistniałe okoliczności nie zagrażają budowli i nie przeszkadzają prawidłowej realizacji inwestycji. Rodzaj i zakres obserwacji powinien być dostosowany do konstrukcji budowli, warunków geologicznych i geotechnicznych podłoża oraz do możliwych zagrożeń, a także do kategorii geotechnicznej obiektu.

Projektowaną inwestycję w prostych warunkach gruntowych proponuje się zaklasyfikować do drugiej kategorii geotechnicznej zgodnie z Rozporządzeniem MTB i GM z dnia 25 kwietnia 2012 r.

Szczegółowe informacje o gruntach wg opinia geotechnicznej, określającej warunki gruntowo-wodne, sporządzonej we wrześniu 2021r, przez Firmę Geologiczną Felkel & Guś Sp. z o.o.

Do obliczeń statycznych i wymiarowania fundamentów przyjęto posadowienie na podłożu uwarstwionym bezpośrednio na warstwie glin piaszczystych (warstwa II/A)

$I_L = 0,25$

$\rho_D = 21,0 \text{ t/m}^3$

$c_u = 29,7 \text{ kPa}$

$\phi_u = 17,3 \text{ deg}$

Przed fundamentowaniem, odbiór wykopu należy zlecić uprawnionemu geotechnikowi.

$\pm 0.00 = 90,81 \text{ m n.p.m.}$

PRACE ZIEMNE

Ze względu na bliskie sąsiedztwo budynku łózkowego prace ziemne powinny być poprzedzone wykonaniem instrukcji BiOZ, którą sporządza kierownik budowy.

OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA, KLASA ODPORNOŚCI OGNIOWEJ

Ochronę przeciwpożarową konstrukcji żelbetowych zapewnia grubość otuliny prętów zbrojenia właściwa dla danej kategorii zagrożenia pożarowego oraz minimalne gabaryty poszczególnych elementów żelbetowych. Dla całej konstrukcji przyjęto klasę odporności ogniowej REI120

OPIS ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

FUNDAMENTY

- b) Płyta fundamentowa o podstawowej grubości 60 cm, z przegłębieniami 110 lub 90 cm pod słupami, wylewana na budowie z betonu C30/37 W8, zbrojona prętami ze stali B500SP.
- a) Ławy fundamentowe monolityczne o szerokości 60 cm i podstawowej grubości 40 cm wylewane na budowie z betonu C30/37 W8, zbrojone prętami ze stali B500SP.
- c) Pod fundamenty należy wykonać warstwę ~10cm betonu podkładowego klasy C8/10.

ŚCIANY ŻELBETOWE

Ściany o podstawowej grubości 25cm wylewane na budowie z betonu klasy C30/37, zbrojone siatkami z prętów ze stali B500SP. Ściany (obudowy) szachów instalacyjnych o grubości 22cm.

ŚCIANY MUROWANE NOŚNE/SAMONOŚNE W PARTERZE

Ściany o podstawowej grubości 24cm, z pełnych pustaków silikatowych klasy 15 MPa, 1 grupy, murowane na zaprawie cem-wap. M10. Kategoria elementów murowych I, kategoria wykonania robót A. Ściany, schodzą na oczep żelbetowy o przekroju 60x60 cm oparty na palach fundamentowych. Ściany powinny być zbrojone w każdej spoinie poziomej 2 prętami Ø 6 ze stali kl. A-I. Zbrojenie należy ułożyć na całej wysokości ściany. Wymaga się, aby spoiny pionowe wszystkich ścian nośnych były wypełnione zaprawą.

Otwory drzwiowe i okienne wzmocnione nadprożami prefabrykowanymi typu L-19

ŚCIANY DZIAŁOWE

Ściany wg projektu architektonicznego. Do obliczeń przyjęto wszystkie ściany z pustaków silikatowych. Obciążenia od ścian grubości >12cm zostały zadane do obliczeń jako liniowe, zgodnie z rozmieszczeniem wg proj. architektury. Obciążenia od ścian grubości ≤ 12cm zostały zadane do obliczeń jako powierzchniowe

SŁUPY

Słupy o przekroju kwadratowym o wymiarze boku 40cm lub 60cm , wylewane na budowie z betonu C30/37 zbrojone prętami ze stali B500SP.

STROPY

Płyty stropowe monolityczne o podstawowej grubości 30 cm, wylewane na budowie z betonu klasy C30/37, zbrojone podłużnie siatkami dolnymi i górnymi z prętów #10 ze stali B500SP w podstawowym rozstawie 15cm. Stropy będą wzmocnione w strefach przysłupowych, wkładami sztywnymi na przebicie typu HALFEN.

Możliwa jest zmiana technologii wykonania stropu na częściowo prefabrykowaną typu filigran, w tym wypadku konieczne jest opracowanie kompleksowego projektu wykonawczego/warsztatowego stropów łącznie z belkami przez firmę specjalistyczną (projekt zamienny stropów w technologii filigran nie jest objęty zakresem opracowania). Ewentualny projekt zamienny stropów sporządza GW po uprzedniej akceptacji Inwestora.

W poziomie parteru nad częścią C zaprojektowano strop z prefabrykowanych, sprężonych płyt kanałowych typu SP26,5/R120.

SCHODY

Schody płytowo-biegowe wylewane z betonu C30/37 zbrojone stalą B500SP. Możliwe jest wykonanie prefabrykowanych schodów.

WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNYCH

ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Stropodach

warstwa	d [m]	cięż. obj. [kN/m3]	obc. char. [kN/m2]
2x papa termozgrzewalna		-	0,100
szlichta cementowa	0,10	21,00	2,100
styropian EPS	0,75	0,60	0,450
paroizolacja			0,150
sufit podwieszony GK			0,350
stałe razem:			3,150
obc. użytkowe			0,400
śnieg z workami przy attyce			1,800
zmienne razem:			2,200
razem:		[kN/m2]	5,350
ciężar własny płyty stropowej	0,26	25,00	6,500
suma:		[kN/m2]	11,850

Strop kondygnacji szpitalnej

warstwa	d [m]	cięż. obj. [kN/m3]	obc. char. [kN/m2]
warstwa wykończeniowa - PVC 2mm z klejem	0,003	12,00	0,036
szlichta cementowa	0,11	21,00	2,310
izolacja - folia w płynie			0,050
styropian	0,03	0,50	0,015
włna mineralna	0,03	2,00	0,060
paroizolacja			0,050
sufit podwieszony GK			0,350
stałe razem:			2,871
obc. zastępcze - ścianki działowe	0,12		1,834
obc. użytkowe z instalacjami			5,000
zmienne razem:			6,834
razem:		[kN/m2]	9,705
ciężar własny płyty stropowej	0,30	25,00	7,500
suma:		[kN/m2]	17,205

Strop kondygnacji szpitalnej - nad garażem

warstwa	d [m]	cięż. obj. [kN/m3]	obc. char. [kN/m2]
warstwa wykończeniowa - PVC 2mm z klejem	0,003	12,00	0,036
szlichta cementowa	0,11	21,00	2,310
izolacja - folia w płynie			0,050
styropian	0,03	0,50	0,015
wełna mineralna	0,03	2,00	0,060
paroizolacja			0,050
wełna mineralna	0,15	1,50	0,225
sufit podwieszony GK			0,350
stałe razem:			3,096
obc. zastępcze - ścianki działowe	0,12		1,834
obc. użytkowe z instalacjami			5,000
zmienne razem:			6,834
razem:		[kN/m2]	9,930
ciężar własny płyty stropowej	0,30	25,00	7,500
suma:		[kN/m2]	17,430
suma:		[kN/m2]	24,930

Strop w obrębie postoju karetek - nad garażem

warstwa	d [m]	cięż. obj. [kN/m3]	obc. char. [kN/m2]
kostka betonowa	0,08	24,00	1,920
podsyпка cem-piaskowa	0,040	21,00	0,840
podbudowa zasadnicza	0,200	19,00	3,800
folia drenażowa	-	-	0,100
membrana antykorzenna		-	0,100
Izolacja termiczna – styrodur	0,100	0,60	0,060
izolacja przeciwwodna		-	0,200
nadlewka betonowa ze spadkiem	0,10	24,00	2,400
wełna mineralna - ocieplenie	0,15	1,50	0,225
sufit podwieszony GK			0,350
stałe razem:			9,995
obc. użytkowe z instalacjami			5,000
zmienne razem:			5,000
razem:		[kN/m2]	14,995
ciężar własny płyty stropowej	0,30	25,00	7,500
suma:		[kN/m2]	22,495

Posadzka na płycie fundamentowej

warstwa	d [m]	cięż. obj. [kN/m ³]	obc. char. [kN/m ²]
warstwa wykończeniowa - PVC 2mm z klejem	0,003	12,00	0,036
szlichta cementowa	0,11	21,00	2,310
izolacja - folia w płynie			0,050
styropian	0,03	0,50	0,015
paroizolacja			0,050
stałe razem:			2,461
obc. zastępcze - ścianki działowe	0,12		1,834
obc. użytkowe - pow. Magazynowe			7,500
zmienne razem:			9,334
razem:		[kN/m ²]	11,795
ciężar własny płyty	0,60	25,00	15,000
suma:		[kN/m ²]	26,795
suma:		[kN/m ²]	41,795

OBCIĄŻENIA OD ŚCIAN (LINIOWE)

Ściana wewnętrzna na stropie

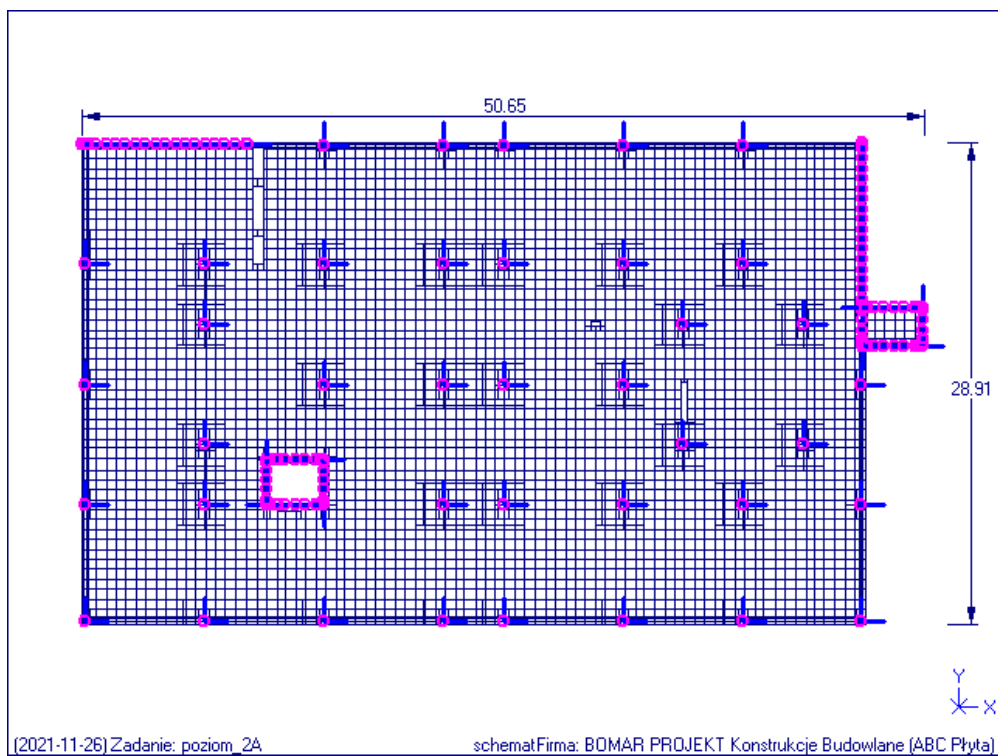
- wysokość ściany	H = 3,600 m
- ciężar objętościowy 1m ³ ściany (silikat pełny)	γ = 19,000 kN/m ³
- grubość ściany	b = 0,190 m
- 2x tynk c.w.	t_{ch} = 1,026 kN/mb
	t_{obl} = 1,334 kN/mb
- ciężar 1mb ściany z wyprawą	G_{ch} = 14,022 kN/mb

Ściana zewnętrzna na stropie

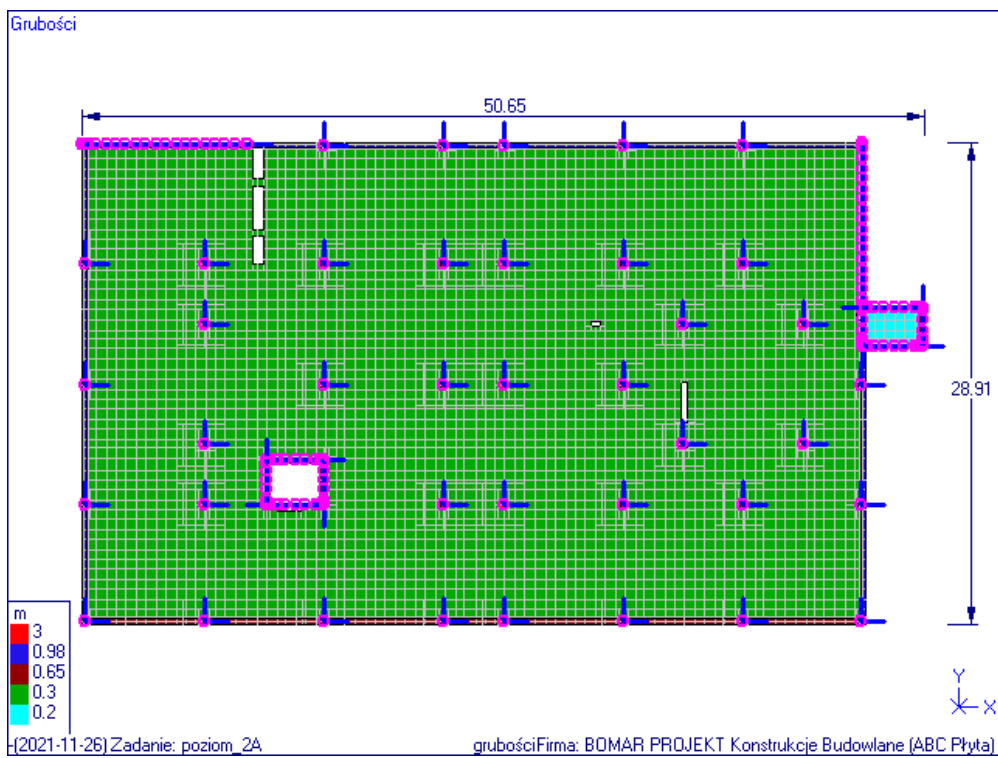
- wysokość ściany	H = 3,000 m
- ciężar objętościowy 1m ³ ściany (silikat pełny)	γ = 19,000 kN/m ³
- grubość ściany	b = 0,240 m
- 2x tynk c.w.	t_{ch} = 0,855 kN/mb
	t_{obl} = 1,112 kN/mb
- ciężar 1mb ściany z wyprawą	G_{ch} = 14,535 kN/mb

STROP KONDYGNACJI 2 – CZĘŚĆ A

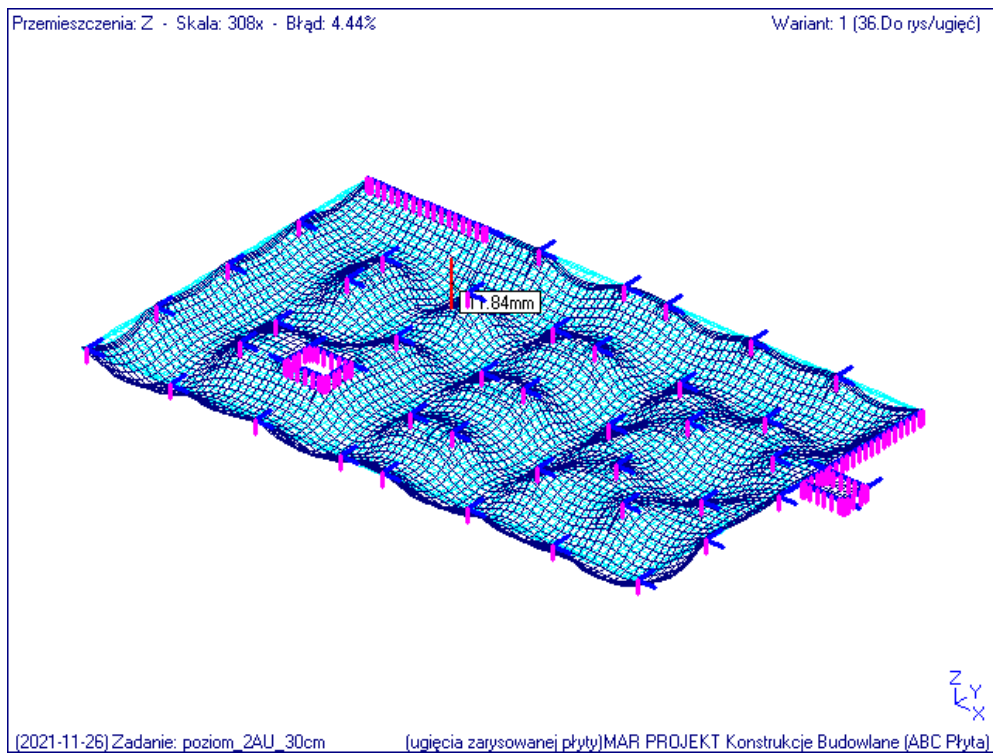
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

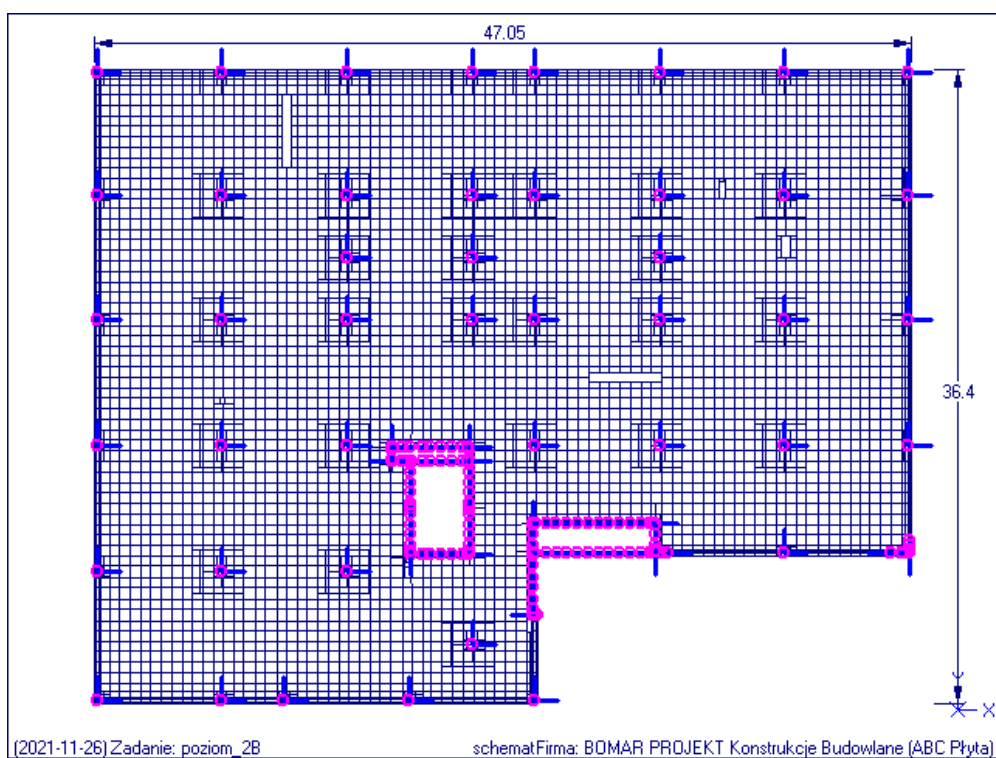


Ugięcia w stanie zarysowanym:

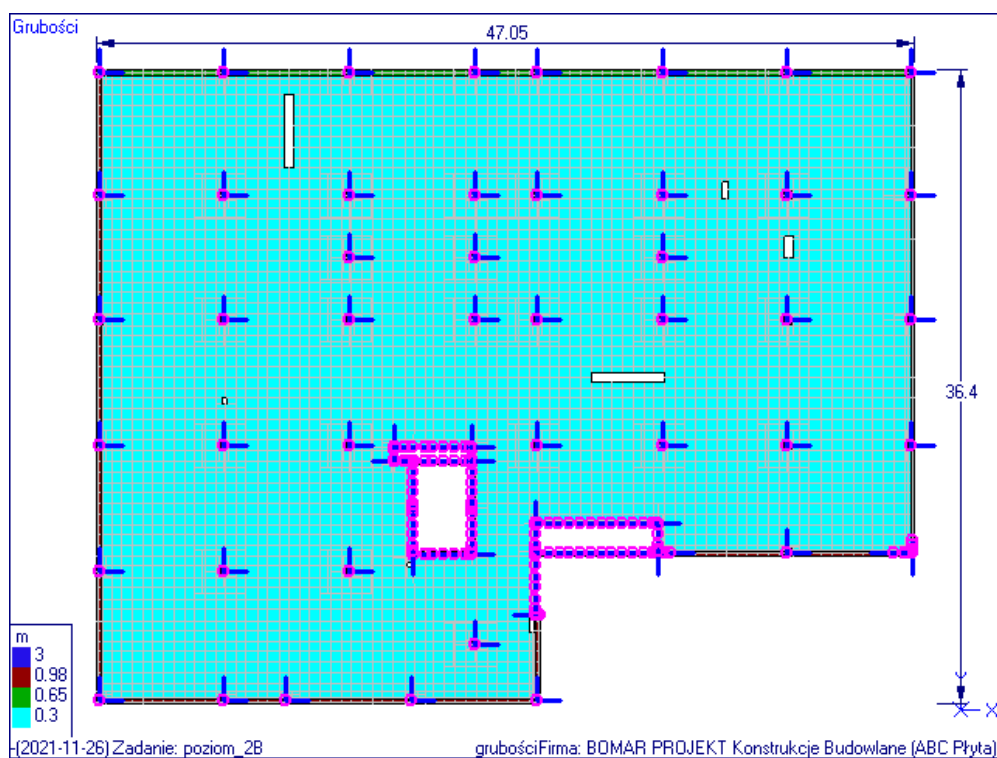


STROP KONDYGNACJI 2 – CZĘŚĆ B

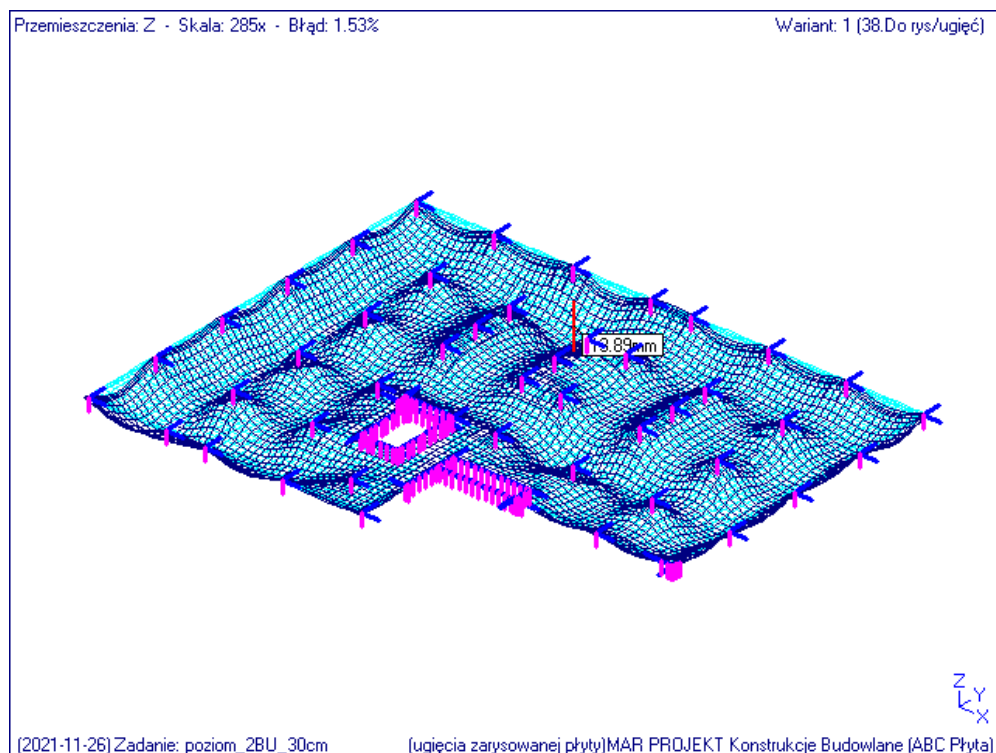
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

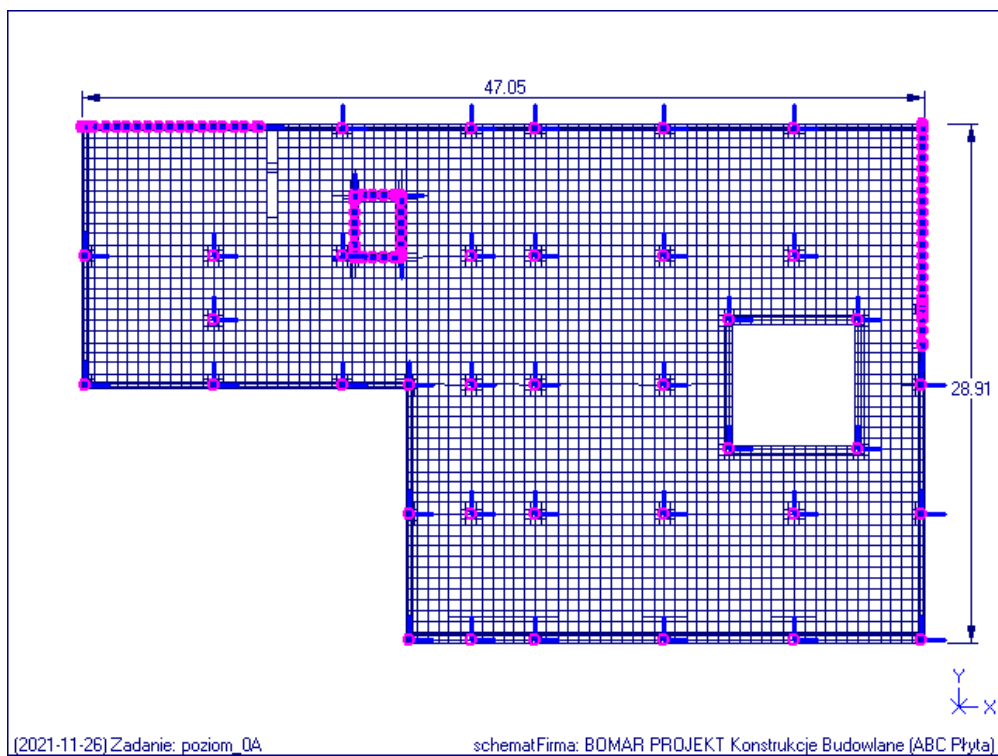


Ugięcia w stanie zarysowanym:

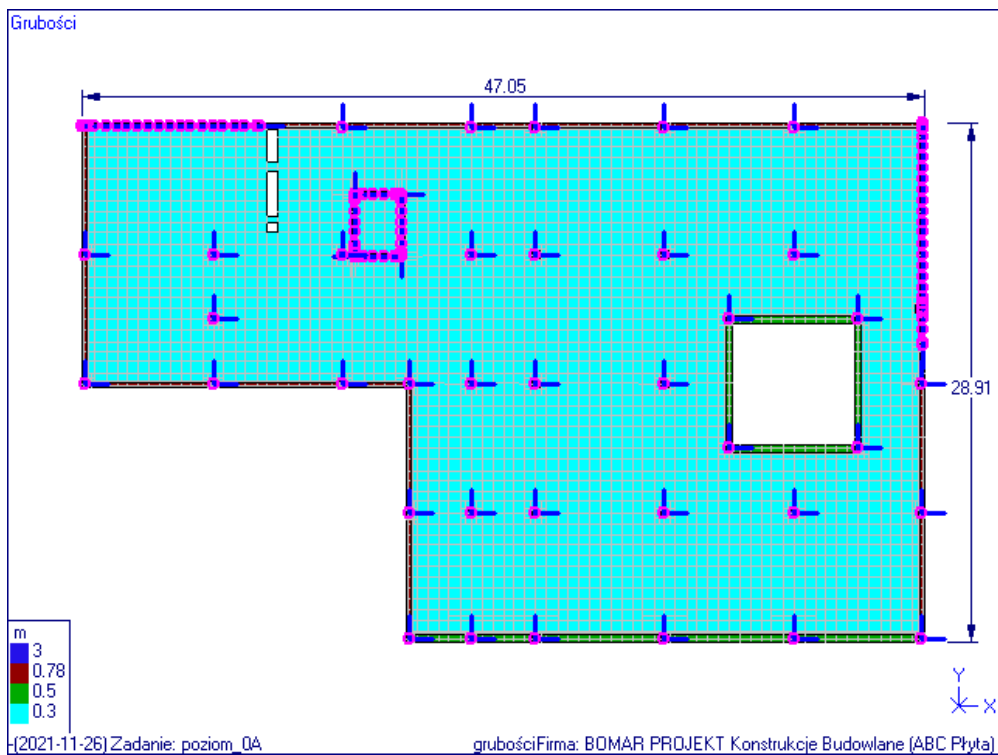


STROP KONDYGNACJI 0 – CZĘŚĆ A

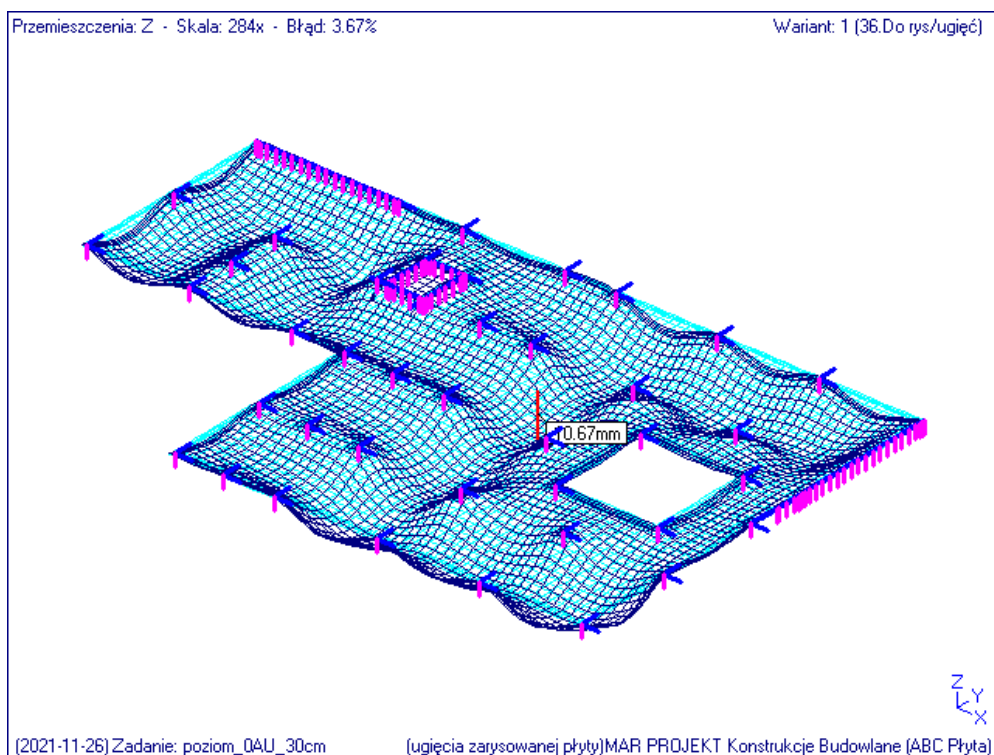
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

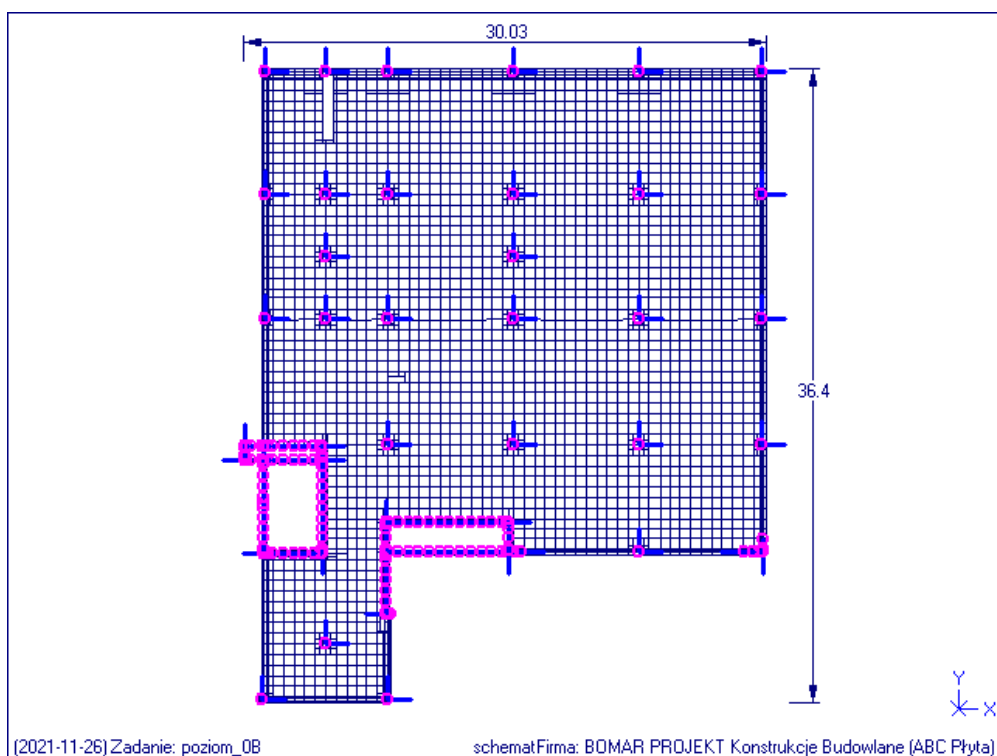


Ugięcia w stanie zarysowanym:

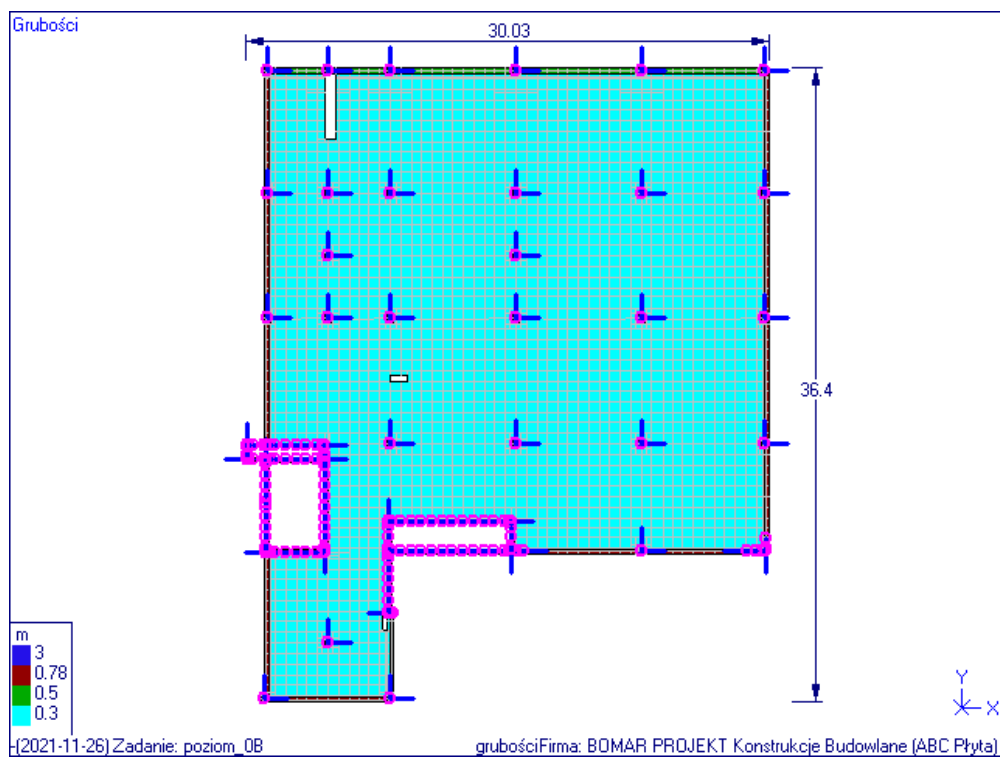


STROP KONDYGNACJI 0 – CZĘŚĆ B

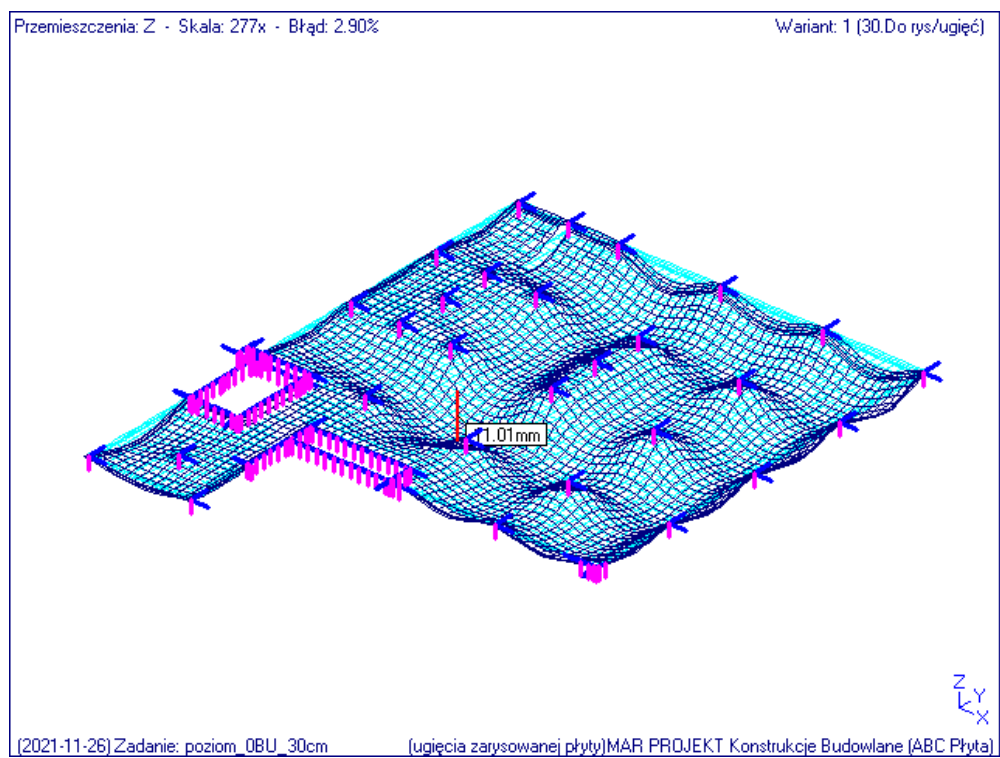
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

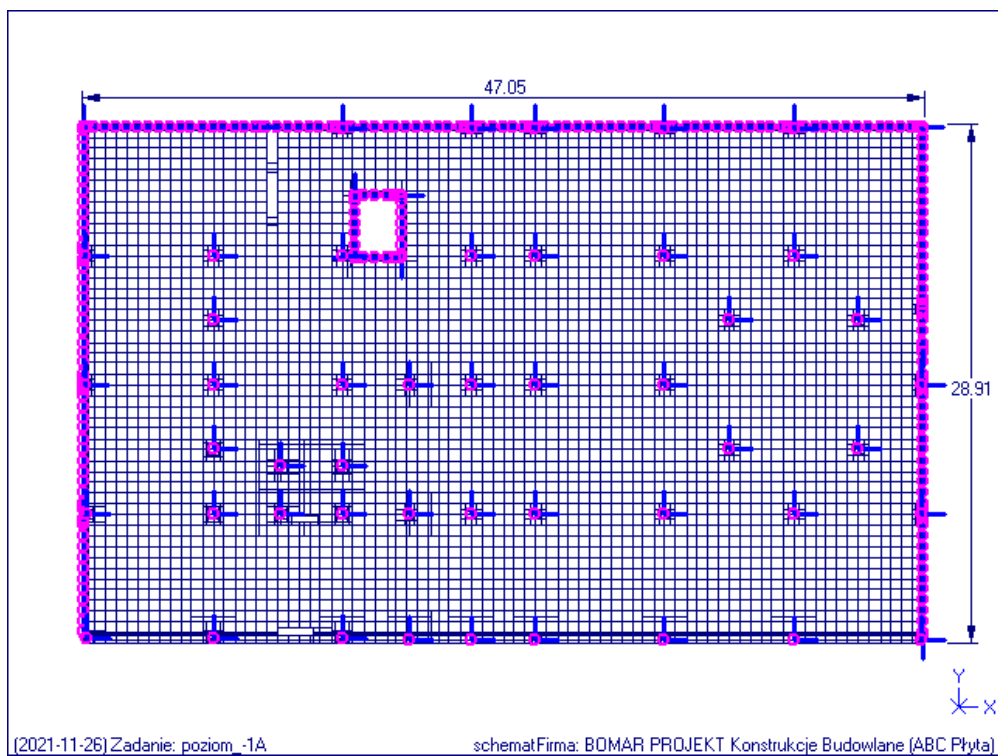


Ugięcia w stanie zarysowanym:

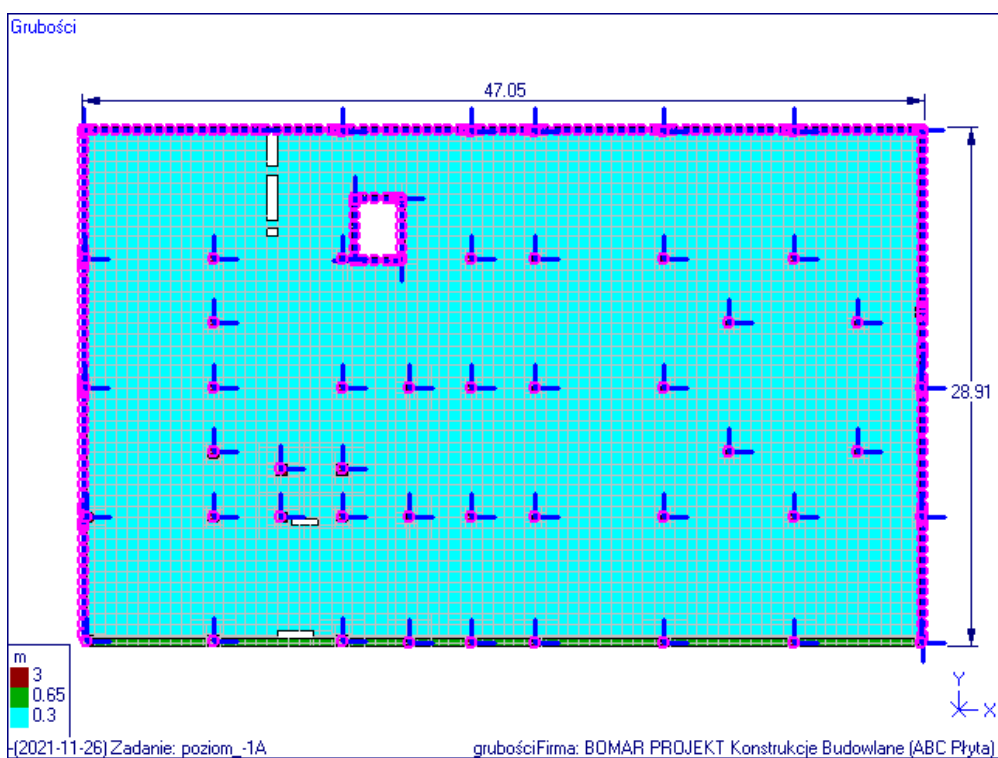


STROP KONDYGNACJI -1 – CZĘŚĆ A

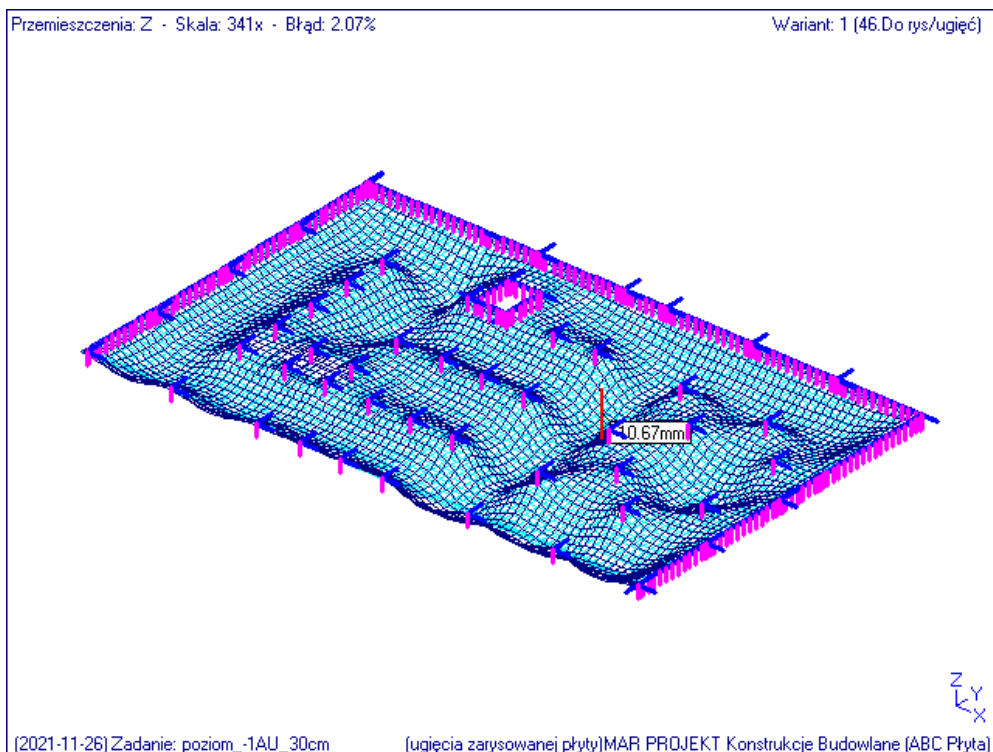
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

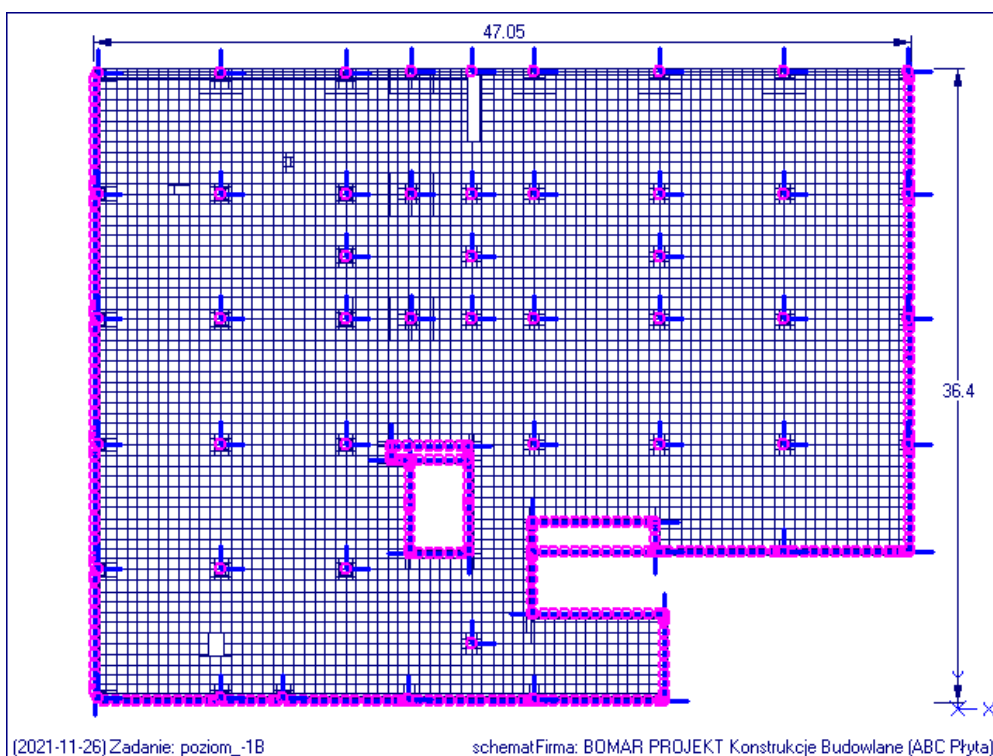


Ugięcia w stanie zarysowanym:

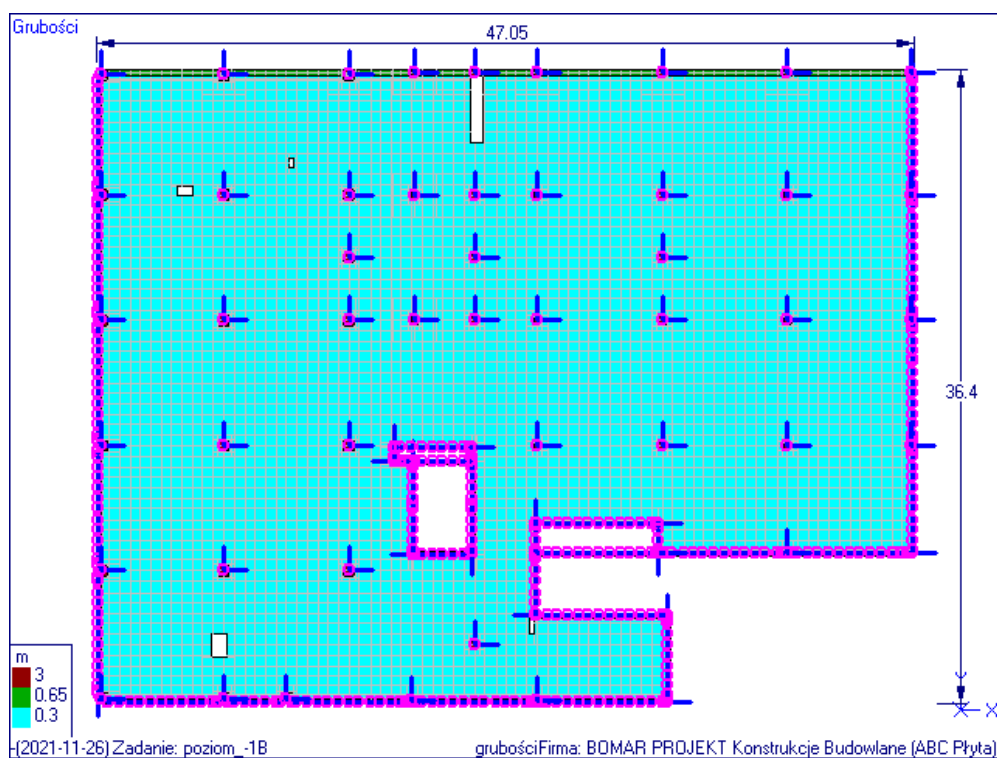


STROP KONDYGNACJI -1 – CZĘŚĆ B

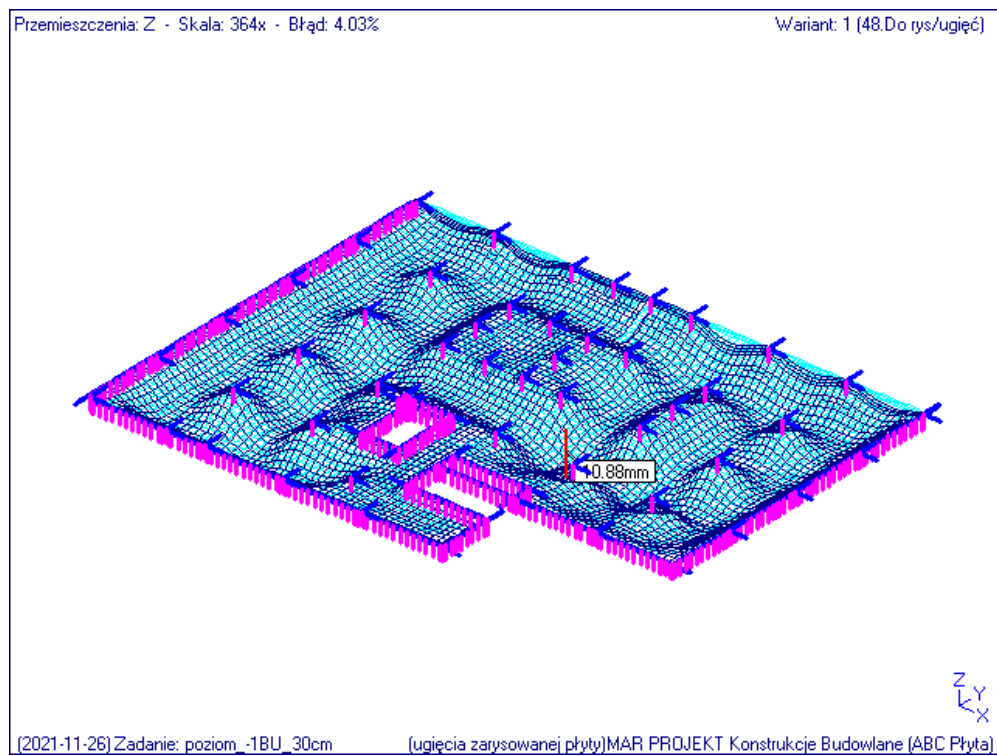
Schemat statyczny – podpory:



Grubości:

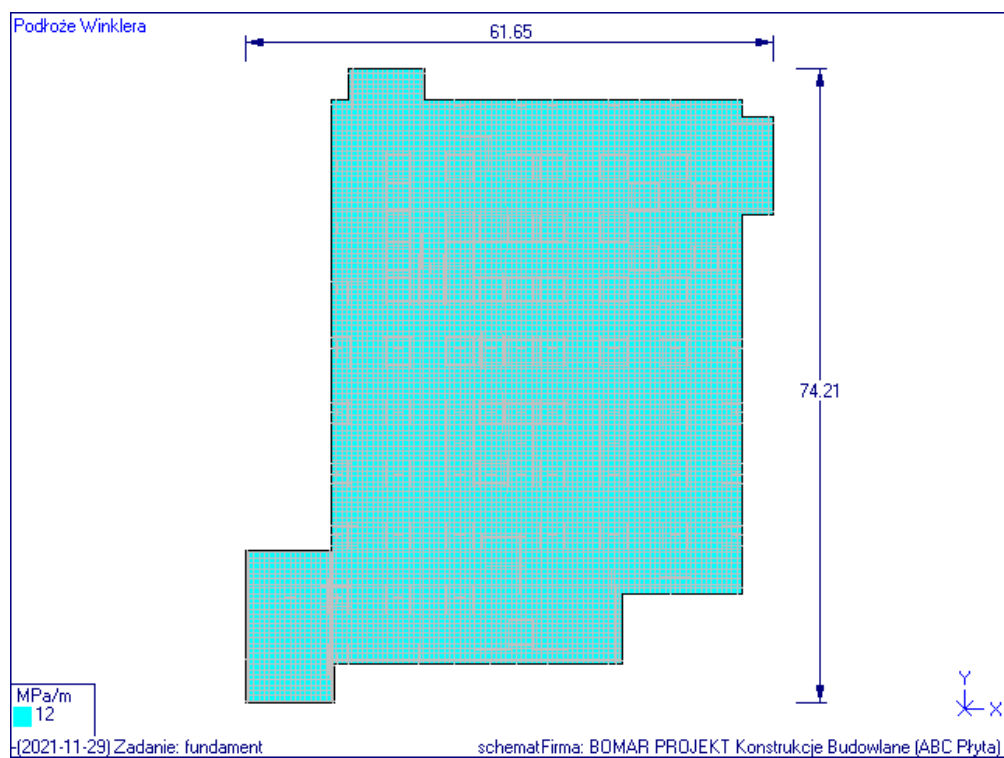


Ugięcia w stanie zarysowanym:

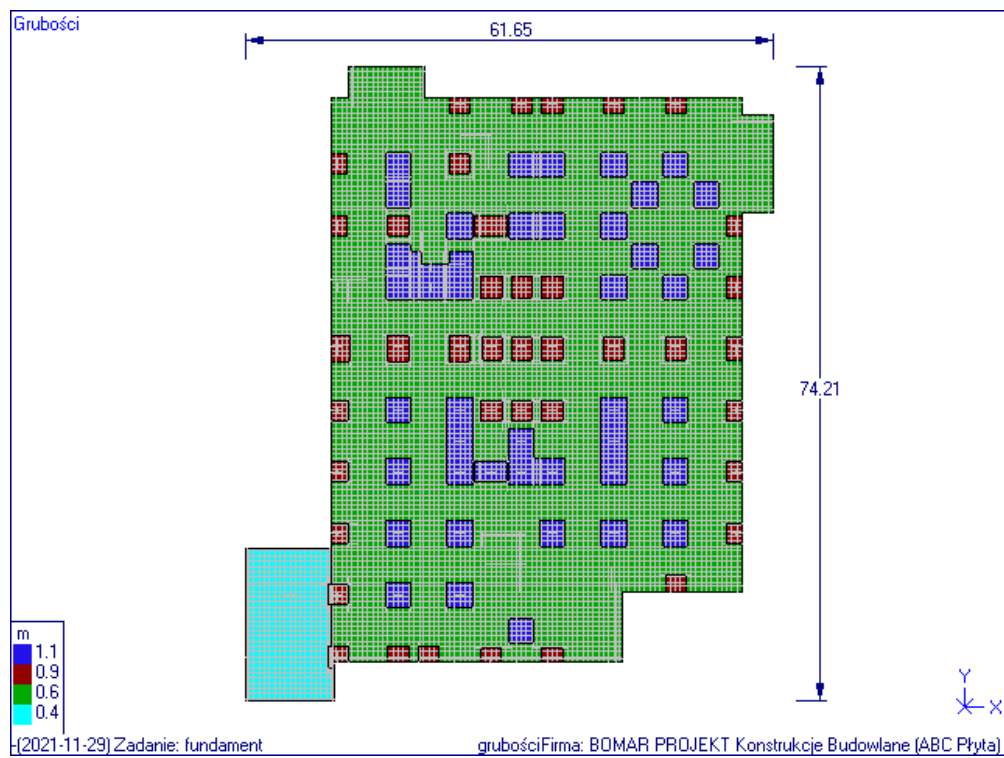


PŁYTA FUNDAMENTOWA

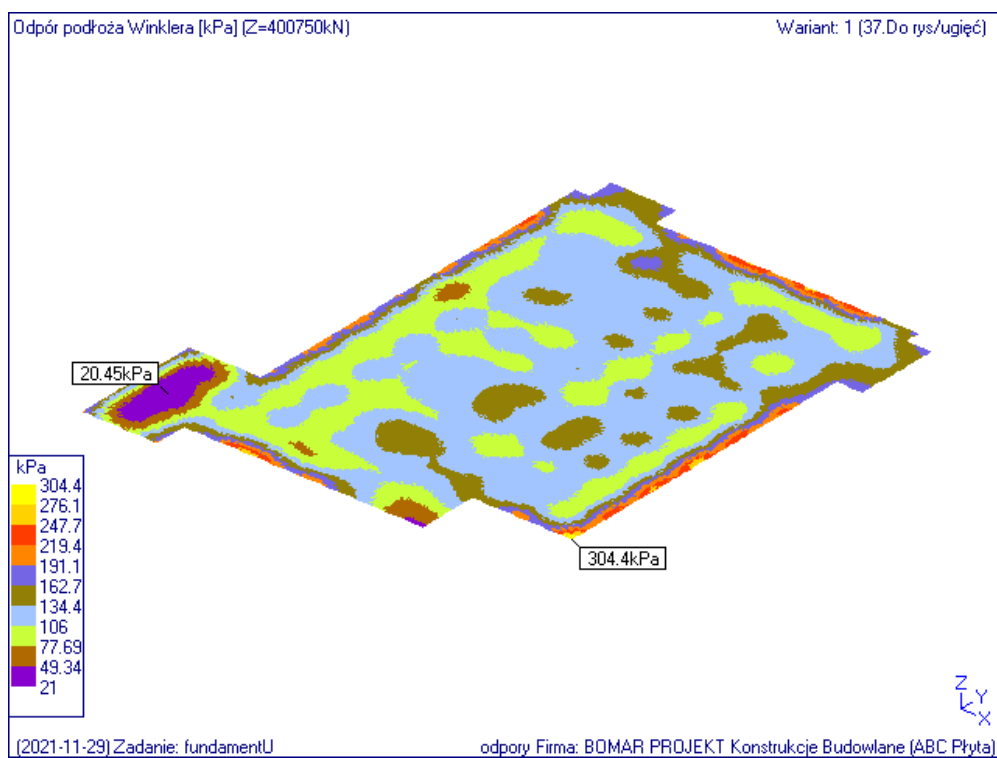
Schemat statyczny – podpory:



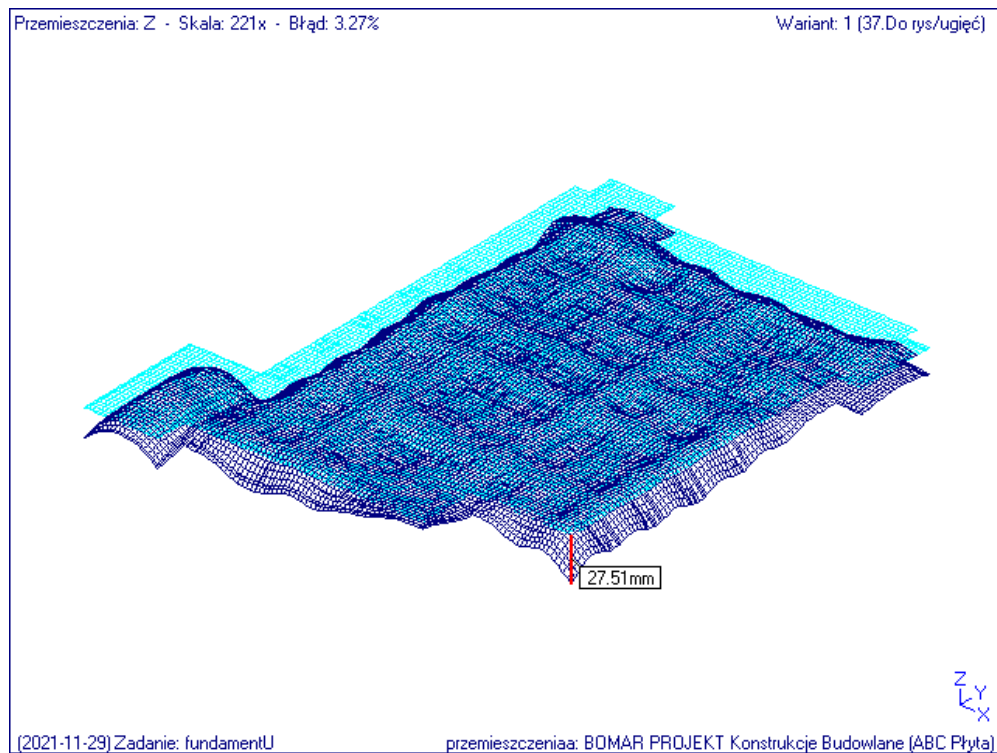
Grubości:



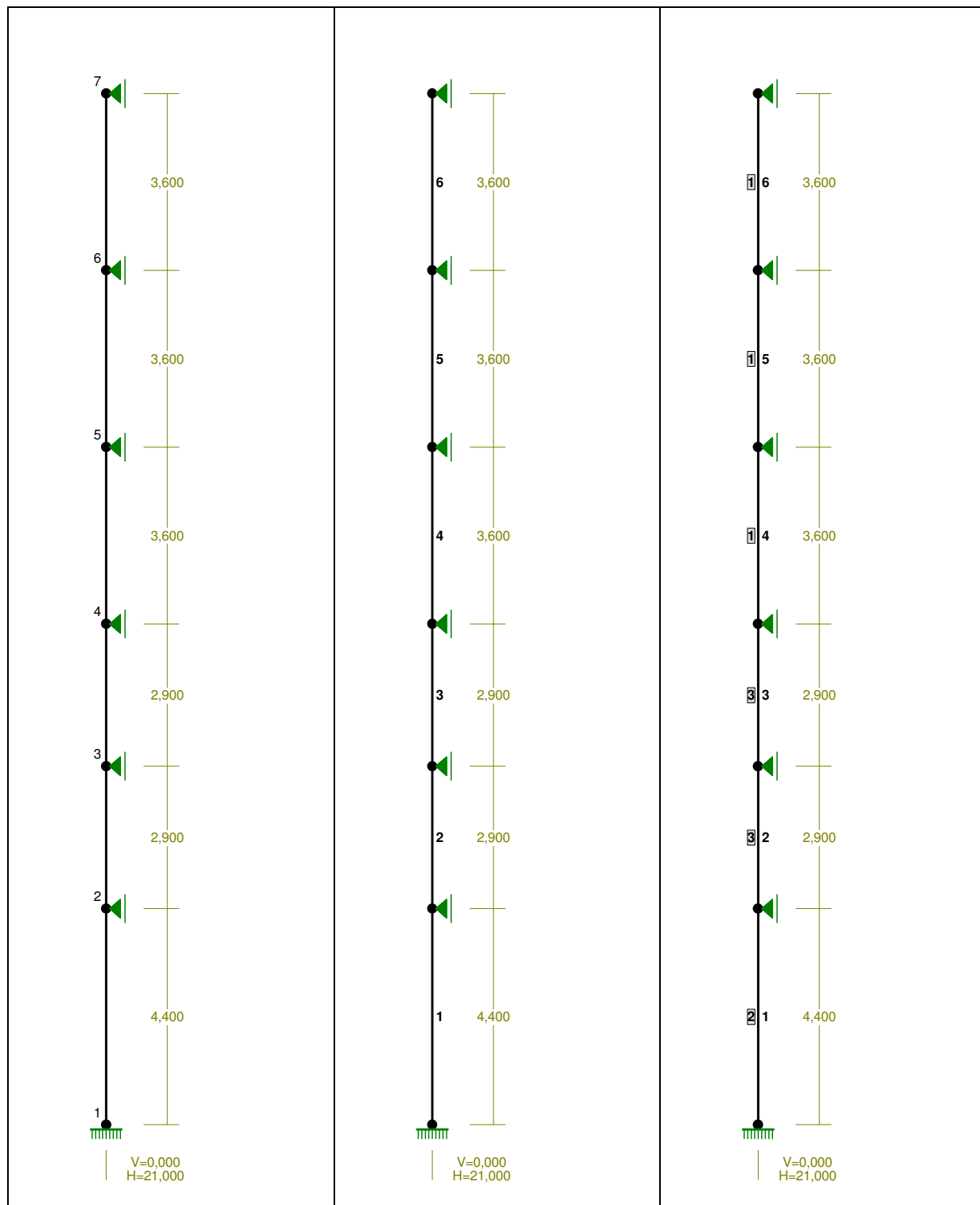
Odpory



Przemieszczenia



SŁUP S1 40x40 cm w części A1



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	5	0,000	13,800
2	0,000	4,400	6	0,000	17,400
3	0,000	7,300	7	0,000	21,000
4	0,000	10,200			

PODPORY:

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	utwierdzenie	90,0	0,0	0,0	0,0
2	przesuwna	90,0	0,0*		
3	przesuwna	90,0	0,0*		
4	przesuwna	90,0	0,0*		
5	przesuwna	90,0	0,0*		
6	przesuwna	90,0	0,0*		
7	przesuwna	90,0	0,0*		

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	0,000	4,400	4,400	1,000	2 B 60x60
2	00	1	2	0,000	2,900	2,900	1,000	3 B 40x40
3	00	2	3	0,000	2,900	2,900	1,000	3 B 40x40
4	00	3	4	0,000	3,600	3,600	1,000	1 B 40x40
5	00	4	5	0,000	3,600	3,600	1,000	1 B 40x40
6	00	5	6	0,000	3,600	3,600	1,000	1 B 40x40

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	1600,0	213333	213333	10667	10667	40,0	46 C30/37
2	3600,0	1080000	1080000	36000	36000	60,0	47 C35/45
3	1600,0	213333	213333	10667	10667	40,0	47 C35/45

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
46 C30/37	32	21,400	1,0E-5
47 C35/45	34	25,000	1,0E-5

OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	

OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A "reakcje"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Skupione	0,0	637,04		4,36	
1	Moment		59,26		4,40	
2	Skupione	0,0	703,70		2,90	
2	Moment		96,30		2,90	
3	Skupione	0,0	792,59		2,90	
3	Moment		118,52		2,90	
4	Skupione	0,0	696,30		3,60	
4	Moment		85,19		3,60	
5	Skupione	0,0	696,30		3,60	
5	Moment		85,19		3,60	
6	Skupione	0,0	459,26		3,60	
6	Moment		37,04		3,60	

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria II-go rzędu

RM_Win v. 11.109 licencja nr 17911

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -"reakcje"	Stałe	1,35/1,00	

SIŁY PRZEKROJOWE: T.II rzędu bez imperf.

Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	a 0,00	0,000	-22,43	15,15	-5523,10
	b 0,00	0,000	-19,04	12,88	-4694,64
	a 0,33	1,432	-0,52	15,39*	-5505,71
	b 0,99	4,363	37,15	12,36*	-4649,58
	a 1,00	4,400	44,22	14,53	-4609,64
	b 1,00	4,400	37,62	12,43	-3918,20
2	a 0,00	0,000	-35,78	29,24	-4609,64
	b 0,00	0,000	-30,38	24,94	-3918,20
	a 0,41	1,189	0,08	30,60*	-4603,21
	a 1,00	2,900	50,82	27,80	-4593,99
	b 1,00	2,900	43,24	23,90	-3904,89

3	a	0,00	0,000	-79,18	57,06	-3644,01
	b	0,00	0,000	-67,26	48,69	-3097,40
	a	0,46	1,348	0,15	59,75*	-3636,68
	a	1,00	2,900	91,02	56,17	-3628,36
	b	1,00	2,900	77,35	48,05	-3084,10
4	a	0,00	0,000	-68,98	34,09	-2558,34
	b	0,00	0,000	-58,65	29,21	-2174,59
	a	0,54	1,927	-0,08	36,61*	-2547,91
	a	1,00	3,600	60,13	34,72	-2538,90
	b	1,00	3,600	51,10	29,66	-2158,06
5	a	0,00	0,000	-54,87	30,82	-1598,89
	b	0,00	0,000	-46,65	26,29	-1359,06
	a	0,48	1,744	0,17	31,94*	-1589,46
	a	0,48	1,730	-0,28	31,94*	-1589,53
	a	1,00	3,600	58,66	30,66	-1579,46
	b	1,00	3,600	49,87	26,18	-1342,54
6	a	0,00	0,000	-56,34	29,19	-639,46
	b	0,00	0,000	-47,88	24,85	-543,54
	a	0,53	1,913	0,12	29,69*	-629,11
	a	0,53	1,898	-0,30	29,69*	-629,18
	a	1,00	3,600	50,00	29,30	-620,01
	b	1,00	3,600	42,50	24,93	-527,01

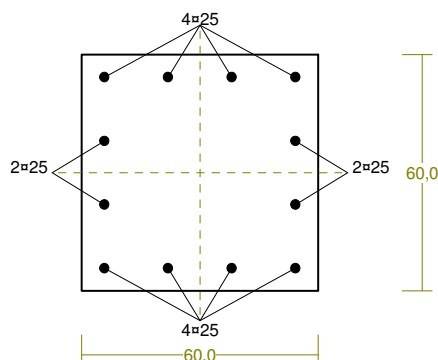
* = Wartości ekstremalne

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

RM_Zb1992 v. 1.32 licencja nr 17911

Cechy przekroju:

zadanie S1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=60,0, \quad b=60,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C35/45

$$f_{ck}=35,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 35,0 / 1,40 = 25,0 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=3600 \text{ cm}^2, J_{cy}=1080000 \text{ cm}^4, J_{cz}=1080000 \text{ cm}^4$$

STAL: fyk=500

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

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

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=58,90 \text{ cm}^2, \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c = 100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%,$$

$$J_{sy}=24376 \text{ cm}^4, J_{sz}=24376 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: S1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A (a)**

Momenty zginające: $M_y = -11,30 \text{ kNm}, \quad M_z = 17,50 \text{ kNm},$

Siły poprzeczne: $V_z = 15,33 \text{ kN}, \quad V_y = 7,95 \text{ kN},$

Siła osiowa: $N = -5496,37 \text{ kN} = N_{Ed},$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-11,30) / (-5496,37) = 0,002 \text{ m},$$

$$M_{Edy} = (e_{0z} + e_{az} + e_{2z}) N = 1,000 \times (0,007 + 0,002) \times (-5496,37) = -51,54 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

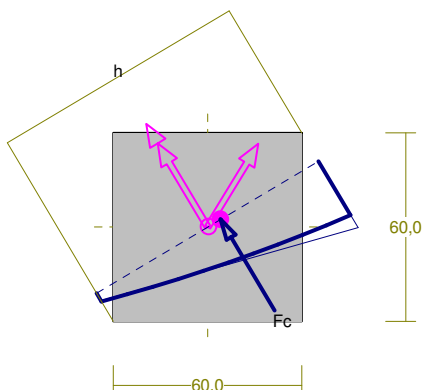
$$e_{0y} = -M_z / N = -(17,50) / (-5496,37) = 0,003 \text{ m},$$

$$M_{Edz} = (e_{0y} + e_{ay} + e_{2y}) N = -1,000 \times (0,010 + 0,003) \times (-5496,37) = 75,15 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie S1, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m)

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



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -4665,07 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-114,87^2 + 193,33^2)} = 224,89 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 82,2, d = 82,2, x = 102,7 (\xi = 1,249), a_c = 36,3,$$

$$A_{cc} = 3600 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,13 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -4665,01,$$

$$M_c = 224,88,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c = -4665,01 = -4665,01 \text{ kN} (N_{Ed} = -4665,07 \text{ kN})$$

$$M_c = 224,88 = 224,88 \text{ kNm} (M_{Ed} = 224,89 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie S1, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 0,091 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 0,091 / (1 - 0,091) = 0,100,$$

$$\kappa_b = 0,455 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,455 / (1 - 0,455) = 0,834,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} =$$

$$0,5 \times 4,400 \times \sqrt{[1 + 0,100 / (0,45 + 0,100)] \times [1 + 0,834 / (0,45 + 0,834)]} = 0,698 \times 4,400 = 3,072 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,400 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,400 = 4,400 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie S1, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,400} = 0,953; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,953$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,953 \times 1,000 = 0,00477$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00477 \times 3,072 = 0,00732 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = -17,69 / (-4609,64) = 0,010 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,285 = 1,285$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 5523,10 / (3600,0 \times 25,0) \times 10 = 0,614$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,614) / (1,285 - 0,4) = 0,758; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,758$.

$$\lambda = l_0 / i = 3,072 / 0,173 = 17,735$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 17,735 / 150 = 0,4068$$

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,000 \times 32,80 / 44,22 = 1,483$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,4068 \times 1,483 = 1,603; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,603$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,758 \times 1,603 \times 0,00960 = 0,0117$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0117 \times 3,072^2 / 10,000 = 0,011 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,010 + 0,007 + 0,011 = 0,030 \text{ m}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,400} = 0,953; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,953$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,953 \times 1,000 = 0,00477$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00477 \times 4,400 = 0,0105 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 21,00 / (-4609,64) = 0,000 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,285 = 1,285$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 5523,10 / (3600,0 \times 25,0) = 0,614$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,614) / (1,285 - 0,4) = 0,758; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,758$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,400 / 0,173 = 25,403$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 25,403 / 150 = 0,3556$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,3556 \times 1,483 = 1,528; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,528$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,758 \times 1,528 \times 0,00960 = 0,0111$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0111 \times 4,400^2 / 10,000 = 0,022 \text{ m}$$

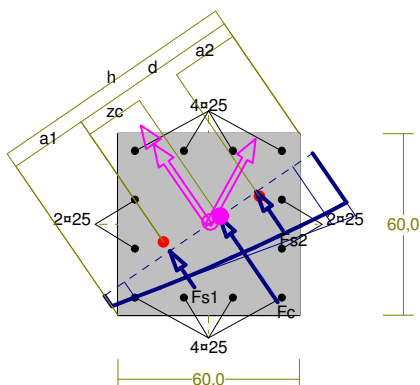
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,000 + 0,010 + 0,022 = 0,032 \text{ m}$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie S1, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,36 \text{ m}$, $x_b = 0,04 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -5470,09 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-144,49^2 + 210,84^2)} = 255,60 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie mniej ściskane: } A_{s1} = 29,45 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 29,45 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 83,4, \quad d = 57,3, \quad x = 75,6 \quad (\xi = 1,320),$$

$$a_1 = 26,1, \quad a_2 = 22,6, \quad a_c = 37,4, \quad z_c = 19,9, \quad A_{cc} = 3600 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,09 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -1,00 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = -0,26 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -4722,74, \quad F_{s1} = -258,03, \quad F_{s2} = -489,32,$$

$$M_c = 202,15, \quad M_{s1} = -40,18, \quad M_{s2} = 93,64,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

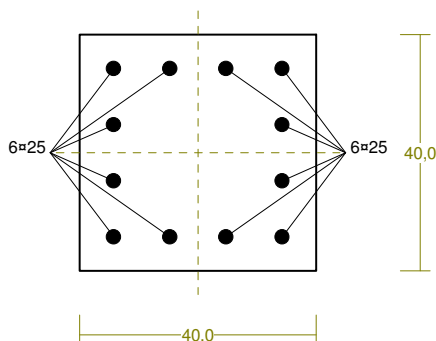
$$N_{Rd} = |-9466,82| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-4722,74 + (-258,03) + (-489,32)| = |-5470,09| \text{ kN}$$

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

RM_Zb1992 v. 1.32 licencja nr 17911

Cechy przekroju:

zadanie S1, pręt nr 2, przekrój: $x_a=1,45$ m, $x_b=1,45$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=40,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C35/45

$$f_{ck}=35,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 35,0 / 1,40 = 25,0 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1600 \text{ cm}^2, \quad J_{cy}=213333 \text{ cm}^4, \quad J_{cz}=213333 \text{ cm}^4$$

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:

$$A_{s1}+A_{s2}=58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 58,90 / 1600 = 3,68 \%,$$

$$J_{sy}=8417 \text{ cm}^4, \quad J_{sz}=8417 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: S1, pręt nr 2, przekrój: $x_a=1,45$ m, $x_b=1,45$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A (a)**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_y = -8,05 \text{ kNm}, \quad M_z = 45,00 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_z = 30,53 \text{ kN}, \quad V_y = 31,03 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -4601,81 \text{ kN} = N_{Ed},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-8,05) / (-4601,81) = 0,002 \text{ m},$$

$$M_{Edy} = (e_{0z} + e_{az} + e_{2z}) N = 1,000 \times (0,005 + 0,002) \times (-4601,81) = -28,82 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

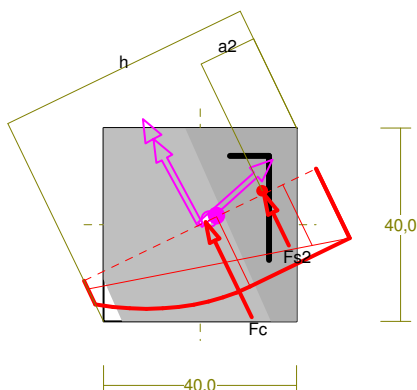
$$e_{0y} = -M_z / N = -(45,00) / (-4601,81) = 0,010 \text{ m},$$

$$M_{Edz} = (e_{0y} + e_{ay} + e_{2y}) N = -1,000 \times (0,007 + 0,010) \times (-4601,81) = 78,36 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie S1, pręt nr 2, przekrój: $x_a=2,90$ m, $x_b=0,00$ m)

- dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -4593,99 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-86,14^2 + 158,76^2)} = 180,62 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Zbrojenie ściskane ($\epsilon_c = -3,22 \text{ ‰}$, $\epsilon_{co} = -2,00 \text{ ‰}$):

$$A_{s2} = 20,93 \text{ cm}^2 \Rightarrow (5 \times 25 = 24,54 \text{ cm}^2)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 20,93 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 20,93 / 1600 = 1,31 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 53,4, d = 53,4, x = 70,6 (\xi = 1,321), a_2 = 12,1, a_c = 25,4, A_{cc} = 1600 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -3,22 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -2,81 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -3683,87, F_{s2} = -910,12,$$

$$M_c = 47,07, M_{s2} = 133,55,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s2} = -3683,87 + (-910,12) = -4593,99 \text{ kN} (N_{Ed} = -4593,99 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s2} = 47,07 + (133,55) = 180,62 \text{ kNm} (M_{Ed} = 180,62 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie S1, pręt nr 2

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 0,070 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 0,070 / (1 - 0,070) = 0,075,$$

$$\kappa_b = 0,200 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,200 / (1 - 0,200) = 0,250,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 2,900 \times \sqrt{[1 + 0,075 / (0,45 + 0,075)][1 + 0,250 / (0,45 + 0,250)]} = 0,623 \times 2,900 = 1,806 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 2,900 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 2,900 = 2,900 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie S1, pręt nr 2

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych

wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{2,900} = 1,174; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 1,000$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 1,000 \times 1,000 = 0,00500$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00500 \times 1,806 = 0,00451 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed,max} / N_{Ed} = -20,33 / (-4593,99) = 0,011 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (1600,0 \times 25,0) = 0,640$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,640 = 1,640$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 4609,64 / (1600,0 \times 25,0) \times 10 = 1,152$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,640 - 1,152) / (1,640 - 0,4) = 0,393; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,393$.

$$\lambda = l_0 / i = 1,806 / 0,115 = 15,638$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 15,638 / 150 = 0,4207$$

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,000 \times 37,71 / 50,82 = 1,484$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,4207 \times 1,484 = 1,624; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,624$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,400 + 0,120 = 0,320$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,320) = 0,0151$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,393 \times 1,624 \times 0,0151 = 0,00966$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,00966 \times 1,806^2 / 10,000 = 0,003 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,011 + 0,005 + 0,003 = 0,019 \text{ m}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{2,900} = 1,174; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 1,000$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 1,000 \times 1,000 = 0,00500$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00500 \times 2,900 = 0,00725 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed,max} / N_{Ed} = 54,00 / (-4593,99) = 0,000 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (1600,0 \times 25,0) = 0,640$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,640 = 0,360$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 4609,64 / (1600,0 \times 25,0) = 1,152$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (0,360 - 1,152) / (0,360 - 0,4) = 0,393; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,393$.

$$\lambda = l_0 / i = 2,900 / 0,115 = 25,115$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 25,115 / 150 = 0,3576$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} = 1 + 0,3576 \times 1,484 = 1,531; \quad K_\phi \geq 1$$

Przyjęto $K_\phi = 1,531$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,400 + 0,120 = 0,320$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,320) = 0,0151$$

$$1/r = K_r K_\phi 1/r_0 = 0,393 \times 1,531 \times 0,0151 = 0,00910$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,00910 \times 2,900^2 / 10,000 = 0,008 \text{ m}$$

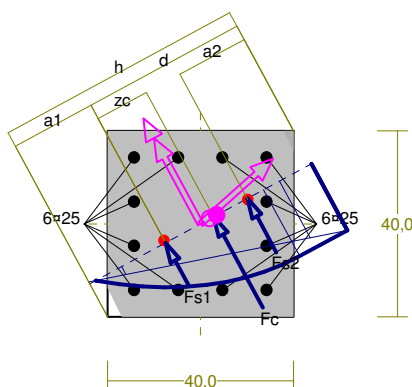
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,000 + 0,007 + 0,008 = 0,015 \text{ m}$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie S1, pręt nr 2, przekrój: $x_a = 2,90 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -4593,99 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-86,14^2 + 158,76^2)} = 180,62 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie mniej ściskane: } A_{s1} = 29,45 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 29,45 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 58,90 / 1600 = 3,68 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 54,2, \quad d = 35,7, \quad x = 40,6 \quad (\xi = 1,136),$$

$$a_1 = 18,5, \quad a_2 = 15,7, \quad a_c = 24,0, \quad z_c = 11,8, \quad A_{cc} = 1597 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -2,57 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -2,19 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = -0,31 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

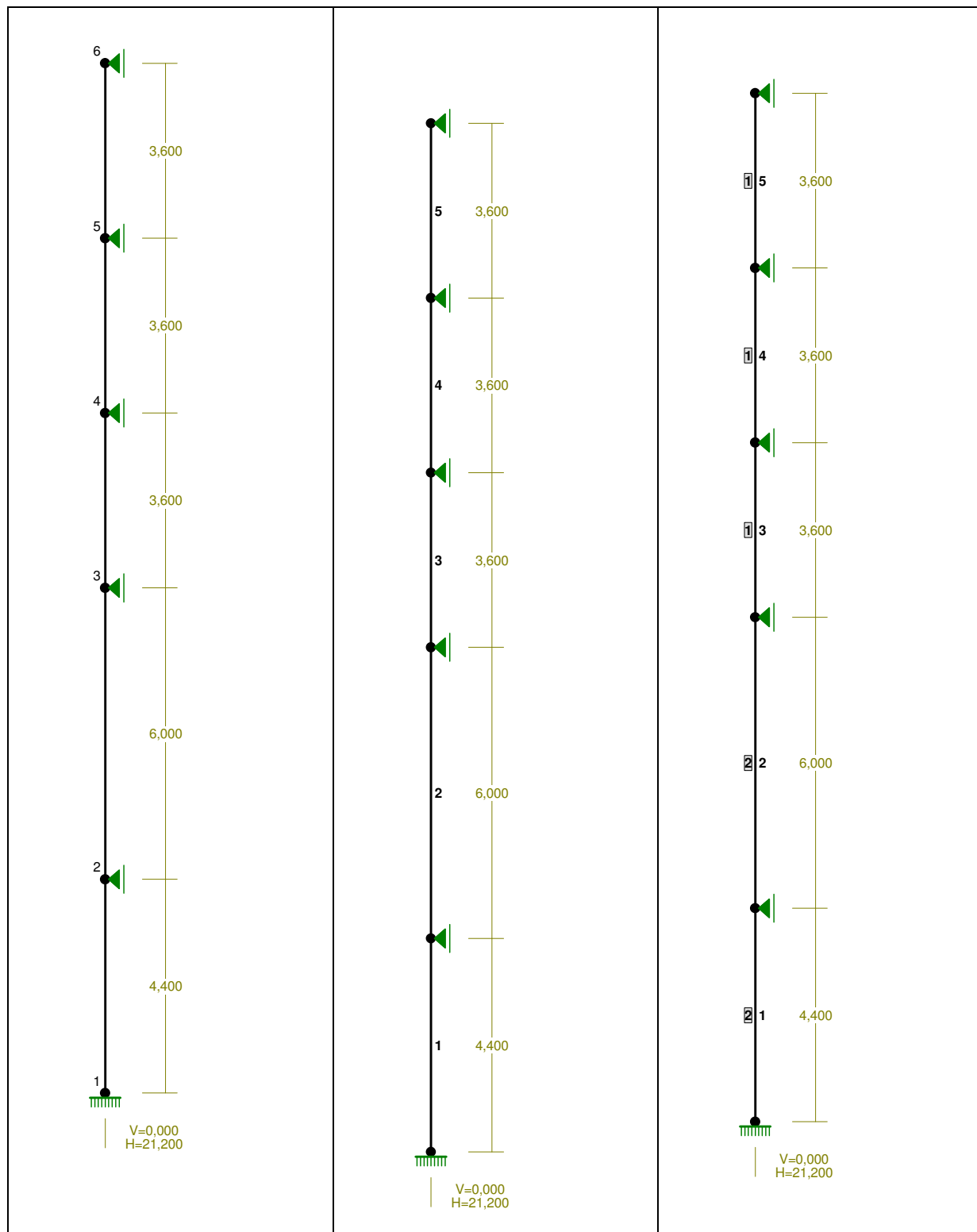
$$F_c = -3124,45, \quad F_{s1} = -430,73, \quad F_{s2} = -1038,81,$$

$$M_c = 98,86, \quad M_{s1} = -37,05, \quad M_{s2} = 118,81,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-4989,64| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-3124,45 + (-430,73) + (-1038,81)| = |-4593,99| \text{ kN}$$

SŁUP S2 40x40 (60x60) cm w części A2



WEZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	4	0,000	14,000
2	0,000	4,400	5	0,000	17,600
3	0,000	10,400	6	0,000	21,200

PODPORY:
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	utwierdzenie	90,0	0,0	0,0	0,0
2	przesuwna	90,0	0,0*		
3	przesuwna	90,0	0,0*		
4	przesuwna	90,0	0,0*		
5	przesuwna	90,0	0,0*		
6	przesuwna	90,0	0,0*		

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -"reakcje"	Stałe	1,35/1,00	

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	1600,0	213333	213333	10667	10667	40,0	46 C30/37
2	3600,0	1080000	1080000	36000	36000	60,0	47 C35/45

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
46 C30/37	32	21,400	1,0E-5
47 C35/45	34	25,000	1,0E-5

OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"		Stałe		$\gamma_g = 1,35/1,00$	

OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

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

Grupa:	A	"reakcje"		Stałe	$\gamma_s = 1,35/1,00$
1	Skupione	0,0	932,40		4,40
1	Moment		54,02		4,40
2	Skupione	0,0	947,20		6,00
2	Moment		92,50		6,00
3	Skupione	0,0	1036,00		3,60
3	Moment		22,20		3,60
4	Skupione	0,0	1036,00		3,60
4	Moment		22,20		3,60
5	Skupione	0,0	666,00		3,60
5	Moment		7,40		3,60

W Y N I K I wg PN-EN 1990

Teoria II-go rzędu

RM_Win v. 11.109 licencja nr 17911

SIŁY PRZEKROJOWE: T.II rzędu bez imperf.

Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	a 0,00	0,000	-8,00	5,39	-6418,44
	b 0,00	0,000	-6,83	4,61	-5455,67
	a 0,33	1,461	-0,02	5,49*	-6400,69
	a 1,00	4,400	15,72	5,09	-6364,98
	b 1,00	4,400	13,46	4,39	-5410,23
2	a 0,00	0,000	-57,20	25,13	-5106,24
	b 0,00	0,000	-48,53	21,38	-4340,30
	a 0,37	2,227	0,08	26,02*	-5079,18
	a 1,00	6,000	95,08	23,51	-5033,35
	b 1,00	6,000	80,79	20,21	-4278,35
3	a 0,00	0,000	-29,80	12,10	-3754,62
	b 0,00	0,000	-25,35	10,47	-3191,43
	a 0,62	2,236	0,05	13,97*	-3742,54
	a 1,00	3,600	18,78	13,26	-3735,18
	b 1,00	3,600	15,95	11,30	-3174,90
4	a 0,00	0,000	-11,19	7,20	-2336,58
	b 0,00	0,000	-9,53	6,14	-1986,09
	a 0,42	1,519	0,04	7,49*	-2328,38
	a 0,42	1,505	-0,07	7,49*	-2328,45
	a 1,00	3,600	15,24	6,94	-2317,14
	b 1,00	3,600	12,96	5,96	-1969,57
5	a 0,00	0,000	-14,73	6,71	-918,54
	b 0,00	0,000	-12,51	5,72	-780,76
	a 0,60	2,152	0,01	6,92*	-906,92
	a 0,59	2,137	-0,09	6,92*	-907,00
	a 1,00	3,600	9,99	6,83	-899,10
	b 1,00	3,600	8,49	5,80	-764,24

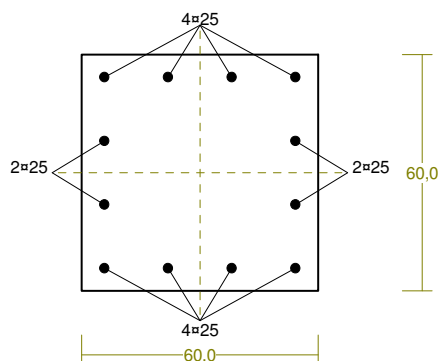
* = Wartości ekstremalne

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

RM_Zb1992 v. 1.32 licencja nr 17911

Cechy przekroju:

zadanie S2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=60,0, \quad b=60,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C35/45

$$f_{ck}=35,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 35,0 / 1,40 = 25,0 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=3600 \text{ cm}^2, \quad J_{cy}=1080000 \text{ cm}^4, \quad J_{cz}=1080000 \text{ cm}^4$$

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:

$$A_{s1}+A_{s2}=58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%,$$

$$J_{sy}=24376 \text{ cm}^4, \quad J_{sz}=24376 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: S2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A (a)**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_y = -4,03 \text{ kNm}, \quad M_z = 30,00 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_z = 5,47 \text{ kN}, \quad V_y = 13,64 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -6391,71 \text{ kN} = N_{Ed},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-4,03) / (-6391,71) = 0,001 \text{ m},$$

$$M_{Edy} = (e_{0z} + e_{az} + e_{2z}) N = 1,000 \times (0,007 + 0,001) \times (-6391,71) = -47,62 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

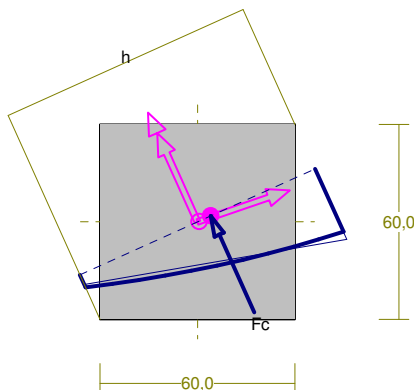
$$e_{0y} = -M_z / N = -(30,00) / (-6391,71) = 0,005 \text{ m},$$

$$M_{Edz} = (e_{0y} + e_{ay} + e_{2y}) N = -1,000 \times (0,010 + 0,005) \times (-6391,71) = 97,04 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie S2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,20$ m, $x_b=2,20$ m)

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



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -5425,85 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-100,35^2 + 222,36^2)} = 243,95 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 79,4, d = 79,4, x = 101,7 (\xi = 1,282), a_c = 35,2,$$

$$A_{cc} = 3600 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,35 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -5425,79,$$

$$M_c = 243,94,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c = -5425,79 = -5425,79 \text{ kN} (N_{Ed} = -5425,85 \text{ kN})$$

$$M_c = 243,94 = 243,94 \text{ kNm} (M_{Ed} = 243,95 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie S2, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 0,091 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 0,091 / (1 - 0,091) = 0,100,$$

$$\kappa_b = 0,254 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,254 / (1 - 0,254) = 0,341,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} =$$

$$0,5 \times 4,400 \times \sqrt{[1 + 0,100 / (0,45 + 0,100)] \times [1 + 0,341 / (0,45 + 0,341)]} = 0,650 \times 4,400 = 2,861 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 4,400 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 4,400 = 4,400 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie S2, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,400} = 0,953; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,953$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,953 \times 1,000 = 0,00477$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00477 \times 2,861 = 0,00682 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = -6,29 / (-6364,98) = 0,002 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,285 = 1,285$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 6418,44 / (3600,0 \times 25,0) \times 10 = 0,713$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,713) / (1,285 - 0,4) = 0,646; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,646$.

$$\lambda = l_0 / i = 2,861 / 0,173 = 16,518$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 16,518 / 150 = 0,4149$$

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,000 \times 11,79 / 15,72 = 1,499$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,4149 \times 1,499 = 1,622; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,622$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,646 \times 1,622 \times 0,00960 = 0,0101$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0101 \times 2,861^2 / 10,000 = 0,008 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,002 + 0,007 + 0,008 = 0,018 \text{ m}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{4,400} = 0,953; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,953$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,953 \times 1,000 = 0,00477$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00477 \times 4,400 = 0,0105 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 36,00 / (-6364,98) = 0,000 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,285 = 1,285$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 6418,44 / (3600,0 \times 25,0) = 0,713$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,713) / (1,285 - 0,4) = 0,646; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,646$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,400 / 0,173 = 25,403$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0/200 - 25,403/150 = 0,3556$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,3556 \times 1,499 = 1,533; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,533$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435/2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,646 \times 1,533 \times 0,00960 = 0,00950$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,00950 \times 4,400^2 / 10,000 = 0,018 \text{ m}$$

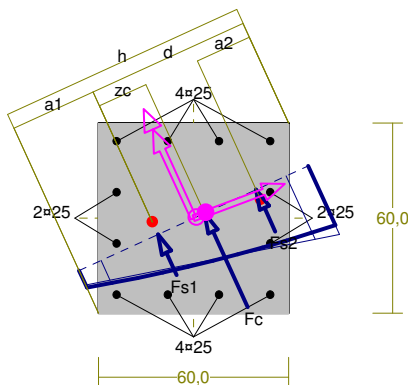
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,000 + 0,010 + 0,018 = 0,029 \text{ m}$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie S2, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,40 \text{ m}$, $x_b=0,00 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -6364,98 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-112,06^2 + 245,09^2)} = 269,50 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie mniej ściskane: } A_{s1} = 34,36 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 24,54 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 79,5, \quad d = 52,1, \quad x = 73,1 \quad (\xi = 1,404),$$

$$a_1 = 27,4, \quad a_2 = 18,0, \quad a_c = 35,9, \quad z_c = 16,1, \quad A_{cc} = 3600 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,26 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -1,17 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = -0,36 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -5463,54, \quad F_{s1} = -396,10, \quad F_{s2} = -505,34,$$

$$M_c = 208,51, \quad M_{s1} = -48,78, \quad M_{s2} = 109,76,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

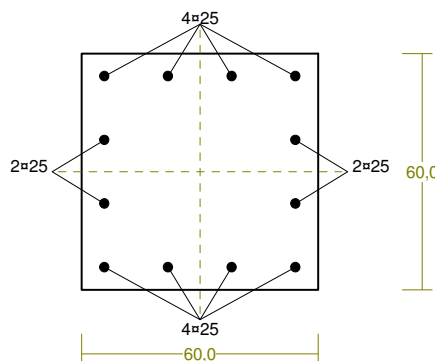
$$N_{Rd} = |-9646,15| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-5463,54 + (-396,10) + (-505,34)| = |-6364,98| \text{ kN}$$

Wyniki wymiarowania elementu żelbetowego wg PN-EN-1992

RM_Zb1992 v. 1.32 licencja nr 17911

Cechy przekroju:

zadanie S2, pręt nr 2, przekrój: $x_a=3,00$ m, $x_b=3,00$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=60,0, \quad b=60,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C35/45

$$f_{ck}=35,0 \text{ MPa}, f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 35,0 / 1,40 = 25,0 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=3600 \text{ cm}^2, \quad J_{cy}=1080000 \text{ cm}^4, \quad J_{cz}=1080000 \text{ cm}^4$$

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:

$$A_{s1}+A_{s2}=58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%,$$

$$J_{sy}=24376 \text{ cm}^4, \quad J_{sz}=24376 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: S2, pręt nr 2, przekrój: $x_a=3,00$ m, $x_b=3,00$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A (a)**

Momenty zginające: $M_y = -20,18 \text{ kNm}, \quad M_z = 75,00 \text{ kNm},$

Siły poprzeczne: $V_z = 25,91 \text{ kN}, \quad V_y = 25,00 \text{ kN},$

Siła osiowa: $N = -5069,79 \text{ kN} = N_{Ed},$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{0z} = M_y / N = (-20,18) / (-5069,79) = 0,004 \text{ m},$$

$$M_{Edy} = (e_{0z} + e_{az} + e_{2z}) N = 1,000 \times (0,009 + 0,004) \times (-5069,79) = -65,35 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

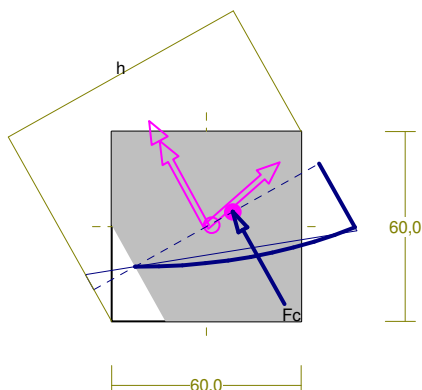
$$e_{0y} = -M_z / N = -(75,00) / (-5069,79) = 0,015 \text{ m},$$

$$M_{Edz} = (e_{0y} + e_{ay} + e_{2y}) N = -1,000 \times (0,012 + 0,015) \times (-5069,79) = 137,09 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie S2, pręt nr 2, przekrój: $x_a=3,00$ m, $x_b=3,00$ m)

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



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -4297,70 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-196,11^2 + 360,63^2)} = 410,50 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 81,7, d = 81,7, x = 73,9 (\xi = 0,904), a_c = 31,3,$$

$$A_{cc} = 3340 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,54 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -4297,64,$$

$$M_c = 410,49,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c = -4297,64 = -4297,64 \text{ kN} (N_{Ed} = -4297,70 \text{ kN})$$

$$M_c = 410,49 = 410,49 \text{ kNm} (M_{Ed} = 410,50 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie S2, pręt nr 2

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według normy:

$$\kappa_a = 0,155 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 0,155 / (1 - 0,155) = 0,183,$$

$$\kappa_b = 0,447 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 0,447 / (1 - 0,447) = 0,807,$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} =$$

$$0,5 \times 6,000 \times \sqrt{[1 + 0,183 / (0,45 + 0,183)] \times [1 + 0,807 / (0,45 + 0,807)]} = 0,728 \times 6,000 = 4,365 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

przyjęte podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_1 = \kappa_a / (1 - \kappa_a) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

$$\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_2 = \kappa_b / (1 - \kappa_b) = 1,000 / (1 - 1,000) = \text{INF},$$

długość efektywna dla elementu usztywnionego:

$$l_0 = 0,5l \sqrt{[1 + k_1 / (0,45 + k_1)][1 + k_2 / (0,45 + k_2)]} = 0,5 \times 6,000 \times \sqrt{(1+1) \times (1+1)} = 1,000 \times 6,000 = 6,000 \text{ m}$$

Efekty drugiego rzędu:

zadanie S2, pręt nr 2

- w płaszczyźnie ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1 + 1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{6,000} = 0,816; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,816$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,816 \times 1,000 = 0,00408$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00408 \times 4,365 = 0,00891 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = -38,03 / (-5033,35) = 0,019 \text{ m}$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,285 = 1,285$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 5106,24 / (3600,0 \times 25,0) \times 10 = 0,567$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,567) / (1,285 - 0,4) = 0,811; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,811$.

$$\lambda = l_0 / i = 4,365 / 0,173 = 25,203$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 25,203 / 150 = 0,3570$$

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) M_{0Eqp} / M_{0Ed} = 2,000 \times 70,39 / 95,08 = 1,481$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,3570 \times 1,481 = 1,529; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,529$.

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,811 \times 1,529 \times 0,00960 = 0,0119$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0119 \times 4,365^2 / 10,000 = 0,023 \text{ m}$$

Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,019 + 0,009 + 0,023 = 0,051 \text{ m}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

Mimośród niezamierzony (imperfekcja geometryczna) dla przyjętej liczby elementów pionowych wpływających na rozpatrywany efekt $m = 1$:

$$a_m = \sqrt{0,5(1+1/m)} = \sqrt{0,5 \times (1+1/1)} = 1,000$$

$$a_h = 2 / \sqrt{l} = 2 / \sqrt{6,000} = 0,816; \quad 2/3 \leq a_h \leq 1$$

Przyjęto $a_h = 0,816$.

$$\theta_i = \theta_0 a_h a_m = 1/200 \times 0,816 \times 1,000 = 0,00408$$

$$e_i = 0,5 \theta_i l_0 = 0,5 \times 0,00408 \times 6,000 = 0,0122 \text{ m}$$

Mimośród statyczny:

$$e_0 = M_{Ed, max} / N_{Ed} = 90,00 / (-5033,35) = 0,000 \text{ m},$$

Mimośród drugiego rzędu wyznaczony metodą nominalnej krzywizny:

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}) = 58,9 \times 435 / (3600,0 \times 25,0) = 0,285$$

$$n_u = 1 - \omega = 1 - 0,285 = 0,715$$

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 5106,24 / (3600,0 \times 25,0) = 0,567$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) = (1,285 - 0,567) / (1,285 - 0,4) = 0,811; \quad K_r \leq 1$$

Przyjęto $K_r = 0,811$.

$$\lambda = l_0 / i = 6,000 / 0,173 = 34,641$$

$$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,35 + 35,0 / 200 - 34,641 / 150 = 0,2941$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,2941 \times 1,481 = 1,435; \quad K_\varphi \geq 1$$

Przyjęto $K_\varphi = 1,435$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 435 / 2,0 \times 10^5 = 0,00217$$

$$d = 0,5 h + i_s = 0,5 \times 0,600 + 0,203 = 0,503$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d) = 0,00217 / (0,45 \times 0,503) = 0,00960$$

$$1/r = K_r K_\varphi 1/r_0 = 0,811 \times 1,435 \times 0,00960 = 0,0112$$

Mimośród drugiego rzędu obliczony przy założeniu współczynnika rozkładu krzywizny $c = 10,000$.

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 0,0112 \times 6,000^2 / 10,000 = 0,040 \text{ m}$$

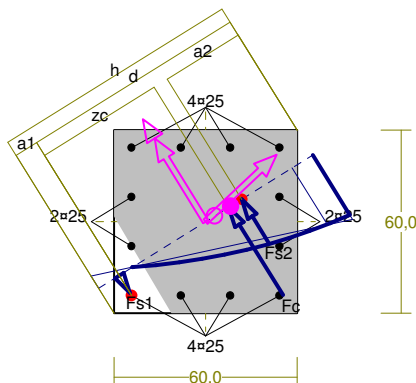
Mimośród całkowity:

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,000 + 0,012 + 0,040 = 0,052 \text{ m}$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie S2, pręt nr 2, przekrój: $x_a = 6,00 \text{ m}$, $x_b = 0,00 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Ed} = -5033,35 \text{ kN},$$

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-255,29^2 + 416,30^2)} = 488,34 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 25,0 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 4,91 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 54,00 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 58,90 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 58,90 / 3600 = 1,64 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 82,6, \quad d = 74,7, \quad x = 69,6 \quad (\xi = 0,931),$$

$$a_1 = 7,9, \quad a_2 = 27,4, \quad a_c = 32,4, \quad z_c = 42,2, \quad A_{cc} = 3410 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,47 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -1,31 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 0,11 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -4327,35, \quad F_{s1} = 10,65, \quad F_{s2} = -716,64,$$

$$M_c = 385,02, \quad M_{s1} = 3,55, \quad M_{s2} = 99,76,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = |-7517,60| \text{ kN} > N_{Ed} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-4327,35 + (10,65) + (-716,64)| = |-5033,35| \text{ kN}$$