

EKSPERTYZA TECHNICZNA

NA TEMAT MOŻLIWOŚCI NADBUDOWY PAWILONU I ŁĄCZNIKA W POWIATOWYM CENTRUM ZDROWIA PRZY UL. M.C. SKŁODOWSKIEJ 6 W BRZEZINACH



ADRES OBIEKTU:

BRZEZINY, UL. M.C.SKŁODOWSKIEJ 6

INWESTOR :

**POWIATOWE CENTRUM ZDROWIA
UL. M.C. SKŁODOWSKIEJ, 95-060 BRZEZINY**

Ekspertyzę wykonał:

Branża	Zakres	Imię Nazwisko	Podpis
<i>Konstrukcyjno- budowlana</i>	<i>Projektant</i>		

Styczeń 2023r.

SPIS TREŚCI

1. Część formalno prawna	3
1.1 Uprawnienia i izba projektanta	3
1.2 Oświadczenie projektanta	4
2. Opinia techniczna - część opisowa	5
2.1 Podstawa opracowania	5
2.2 Przedmiot opracowania	5
2.3 Cel i zakres opracowania	6
2.4 Opis konstrukcji obiektu, ocena stanu technicznego	6
3. Pawilon nr.2 - część obliczeniowa	11
3.1 Zestawienie obciążeń	11
3.1.1 Obciążenia stałe	11
3.1.2 Obciążenia zmienne	11
3.2 Zebranie obciążeń na ławę fundamentową w osi 2	12
3.3 Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe ławy fundamentowej w osi 2	13
3.3.1 Wymiarowanie ławy fundamentowej	14
4. Łącznik - część obliczeniowa	16
4.1 Zestawienie obciążeń	16
4.1.1 Obciążenia stałe	16
4.1.2 Obciążenia zmienne	16
4.2 Zebranie obciążeń na ramę w osi 9	17
4.3 Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe ramy w osi 9	17
4.3.1 Wymiarowanie słupa S3	20
4.3.2 Wymiarowanie słupa S2	24
4.3.3 Wymiarowanie słupa S1	29
4.3.4 Wymiarowanie belki B1	34
5. Ocena stanu istniejącego	61
6. Podsumowanie i wnioski	61
7. Część fotograficzna – wizja lokalna	62

1. Część formalno prawna

1.1 Uprawnienia i izba projektanta

1.2 Oświadczenie projektanta

TEMAT OPRACOWANIA: **SPRAWDZENIE MOŻLIWOŚĆ NADBUDOWY PAWILONU I ŁĄCZNIKA**

ADRES OBIEKTU: **BRZEZINY, UL. M.C. SKŁODOWSKIEJ 6**

INWESTOR : **POWIATOWE CENTRUM ZDROWIA
UL. M.C. SKŁODOWSKIEJ 6, 95-060 BRZEZINY**

Niniejszym oświadczam, że ekspertyza techniczna sporządzona dla potrzeb sprawdzenia możliwości nadbudowy budynków pawilonu i łącznika w Powiatowym Centrum Zdrowia w Brzezinach, została wykonana zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, sztuki budowlanej oraz obowiązującymi normami, jest kompletna z punktu widzenia celu, jakiemu ma służyć.

Branża	Zakres	Imię Nazwisko	Podpis
<i>Konstrukcyjno- budowlana</i>	<i>Projektant</i>		

Styczeń 2023r.

2. Opinia techniczna - część opisowa

2.1 Podstawa opracowania

Podstawa opracowania projektu:

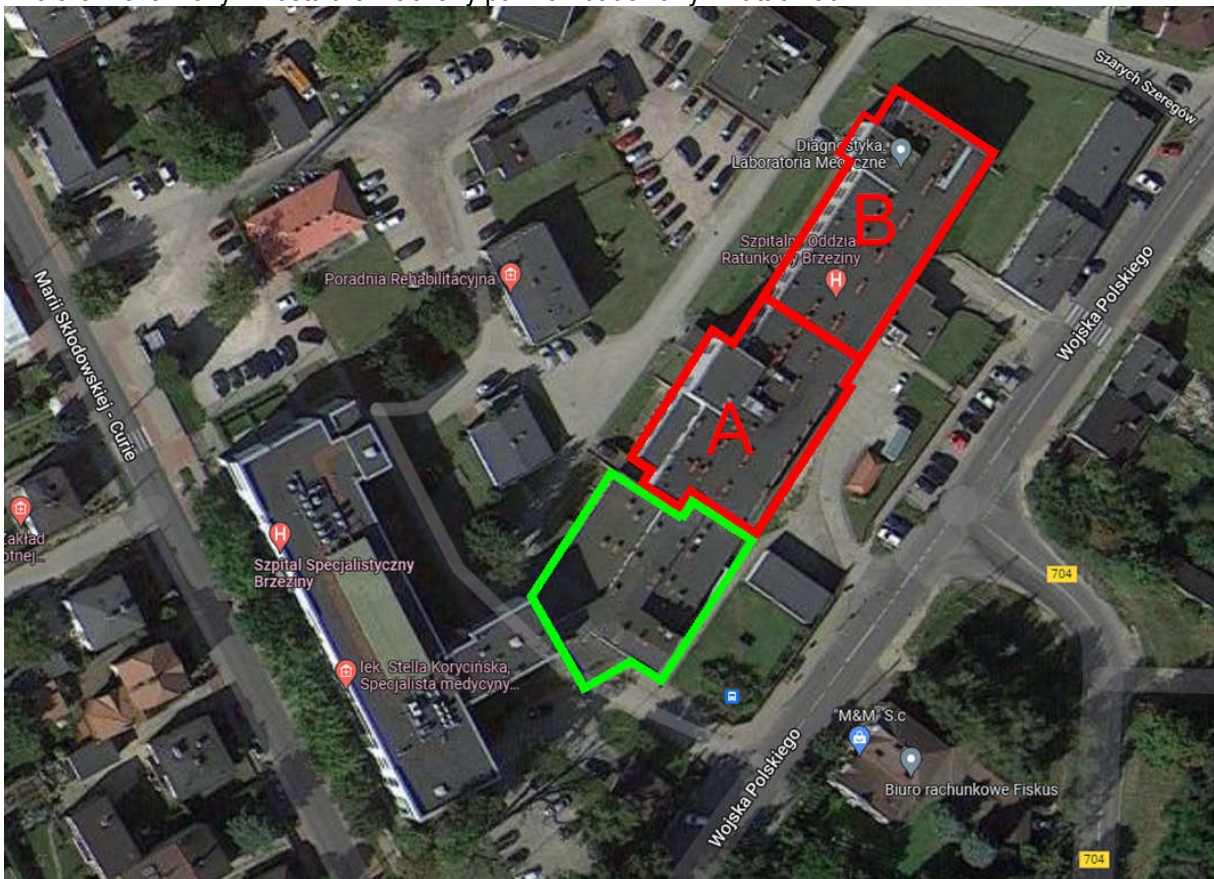
- a) zlecenie Inwestora;
- b) wizja lokalna, dokumentacja fotograficzna;
- c) raport z badań diagnostycznych wykonany przez firmę KMD Diagnostyka Budowli;
- d) koncepcja przebudowy i nadbudowy łącznika wraz z adaptacją na oddział chemioterapii dziennej sporządzona przez firmę FORMAT s.c. Pracowania architektury.
- e) archiwalna dokumentacja projektowa:
 - projekt budowlany pawilonu
 - projekt budowlany łącznika
- f) aktualne przepisy i normy:
 - PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji
 - PN-EN 1991-1-1 Oddziaływanie ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny
 - PN-EN 1991-1-3 Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem
 - PN-EN 1991-1-4 Oddziaływania ogólne. Obciążenie wiatrem
 - PN-EN 1992-1-1 Projektowanie konstrukcji z betonu
 - PN-EN 1997-1-1 Projektowanie geotechniczne. Zasady ogólne
 - PN-EN 1997-1-2 Projektowanie geotechniczne. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

2.2 Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania są istniejące budynki Pawilon i Łącznika wchodzące w skład Powiatowego Centrum Zdrowia przy ul. M.C. Skłodowskiej 6 w Brzezinach. Przedmiotowe obiekty stanowią dwie oddzielne konstrukcje, oddylatowane od siebie, realizowane i modernizowane w różnych okresach.

Część oznaczona kolorem zielonym to łącznik który był realizowany w latach 80 XX w.

Kolorem czerwonym została oznaczony pawilon budowany w latach 90 XX w.



Rysunek 1 PLAN ORIENTACYJNY

2.3 Cel i zakres opracowania

Podstawowym celem opracowania jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie dotyczące możliwości nadbudowy pawilonu i łącznika szpitala w Brzezinach oraz opracowanie wytycznych do tej nadbudowy.

Zakres rzeczowy opracowania obejmuje ekspertyzę budowlano-konstrukcyjną polegającą na ustaleniu i ocenie stanu technicznego elementów nośnych konstrukcji: belek, słupów, stropów oraz fundamentów.

- a) Ekspertyza techniczna swoim zakresem obejmuje:
 - oględziny i badanie stanu konstrukcji;
 - opis i analizę stanu technicznego elementów;
 - dokumentację fotograficzną;
 - obliczenia statyczno-wytrzymałościowe;
 - wnioski końcowe i zalecenia;
- b) Ekspertyza techniczna dodatkowo zawiera:
 - badania diagnostyczne skanerem ferromagnetycznym, określające rozkład prętów zbrojeniowych w wybranych elementach konstrukcyjnych;
 - niezbędne odkrytki w wybranych elementach konstrukcyjnych,

2.4 Opis konstrukcji obiektu, ocena stanu technicznego

Nazwa: Powiatowe Centrum Zdrowia w Brzezinach.
Kompleks w którego zabudowę wchodzi budynek pawilonu i łącznika.

Adres obiektu: 95-060 Brzeziny, ul. M.C. Skłodowskiej 6

Położenie: Obiekt zlokalizowany jest w centralnej części miasta Brzeziny między ul. Wojska Polskiego (od strony południowo-wschodniej), ul. Marii Skłodowskiej-Curie (strona południowo-wschodnia) oraz ul. Szarych Szeregów (strona północno zachodnia). Teren szpitala obejmuje działki nr. 245/3, 3828, 3829, 3830, 3831, 3832. Na działkach 245/3 i 3830 zlokalizowany jest obiekt pawilonu oraz łącznika. Na pozostałych działkach znajduje się między innymi budynek główny, przychodnia specjalistyczna i prosektorium.



Rysunek 2 BUDYNEK PAWILONU – ELEWACJA PÓŁNOCNO - ZACHODNIA



Rysunek 3 BUDYNEK ŁĄCZNIKA – ELEWACJA PÓŁNOCNO - ZACHODNIA

Historia obiektów:

Historia szpitala sięga roku 1886, w pierwszych latach jego funkcjonowania obiekt znajdował się przy ul. Ogińskich. Z początkiem XX wieku szpital przeniesiono a już w 1913 przeszedł on remont. W latach 20 poprzedniego wieku szpital został przejęty przez Powiatowy Związek Komunalny który rozpoczął przebudowę budynku. W czasie II wojny światowej budynek został zniszczony i dopiero w latach 50 XX w. budynek odbudowano.

Na początku lat 80 XX w. rozpoczęto prace mające na celu wybudowanie budynku pawilonu i łącznika. Po roku 1989 zaczął działać jako Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej.

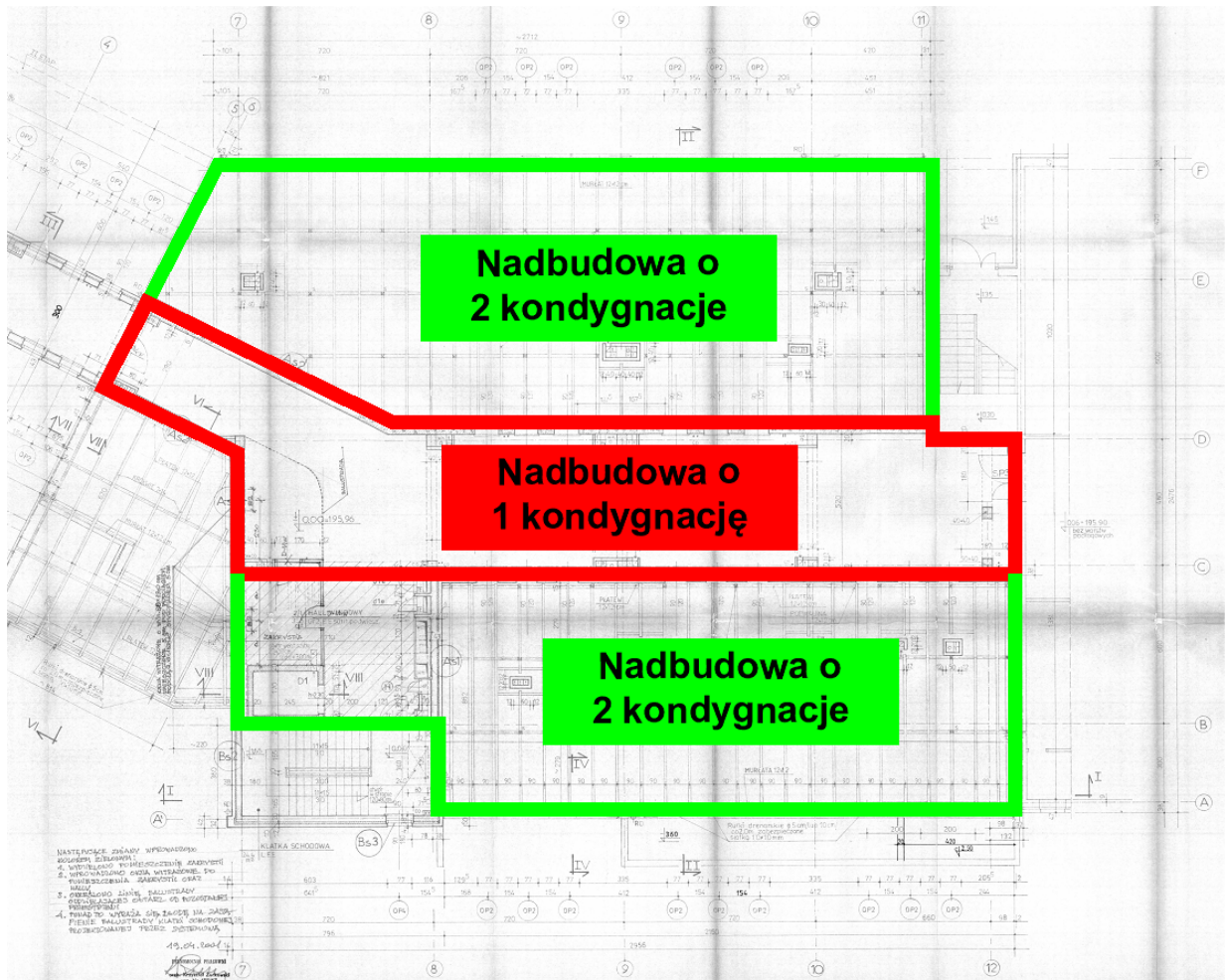
Od początku 2002 roku szpital jest nadzorowany przez powiat brzeziński a od 2008 roku szpitalem zarządza spółka Powiatowe Centrum Zdrowia w Brzezinach.

W roku 2013 zaczęto rozbudowę szpitala w trakcie której nadbudowano budynek główny o jedną kondygnację oraz zmodernizowano sale szpitalne oraz blok operacyjny.

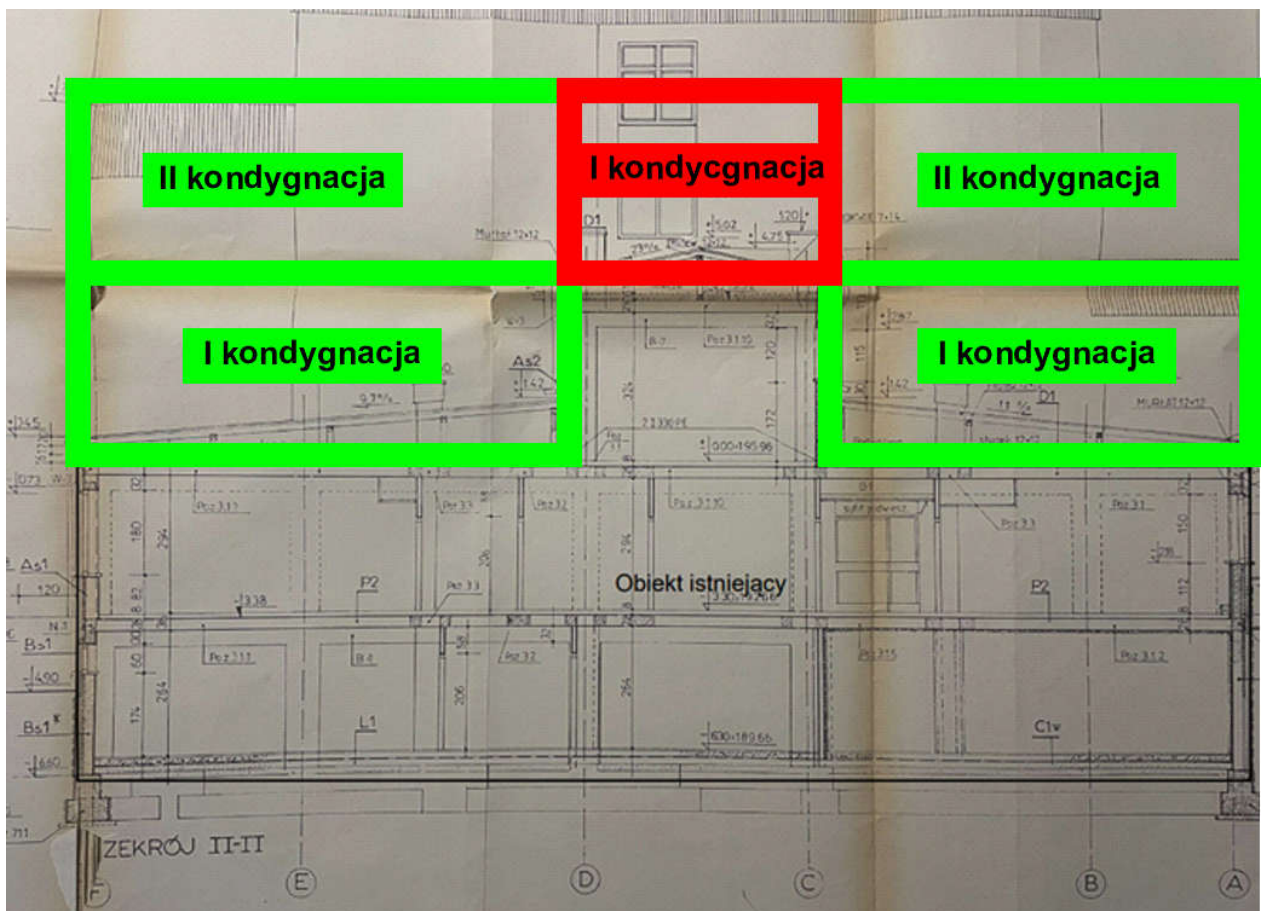
Charakterystyka łącznika:

Część starego budynku łącznika została przebudowana. Przedmiotem opracowania jest tylko część zaznaczona na rys.4 kolorem czerwonym i zielonym

- powierzchnia zabudowy 724,2 m²
- powierzchnia użytkowa 1339,2 m²
- kubatura 5 930,6 m³
- szerokość ~ 24,5 m
- maksymalna długość wzdłuż pawilonu ~ 29,56 m
- wysokość maksymalna budynku nad poziomem terenu +5,47 m
- wysokość klatki schodowej nad poziomem terenu +5,05 m



Rysunek 4 SKAN RZUTU ŁĄCZNIKA Z ZAZNACZONYM OBSZAREM NADBUDOWY

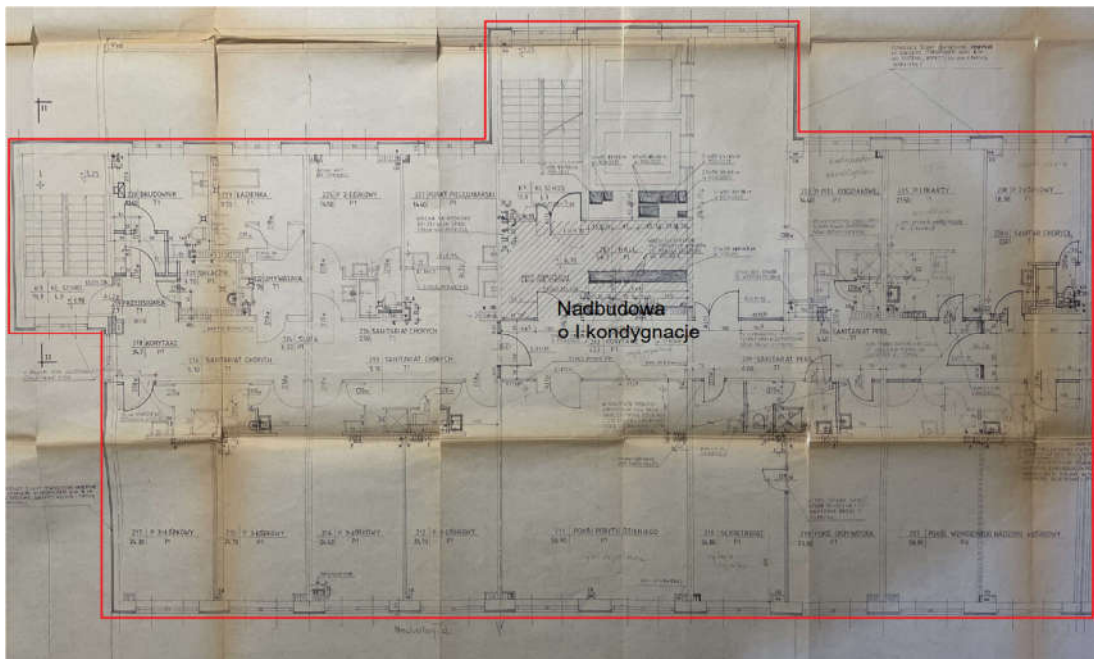


Rysunek 5 SKAN PRZEKROJU ŁĄCZNIKA Z ZAZNACZONYM OBSZARAMI NADBUDOWY

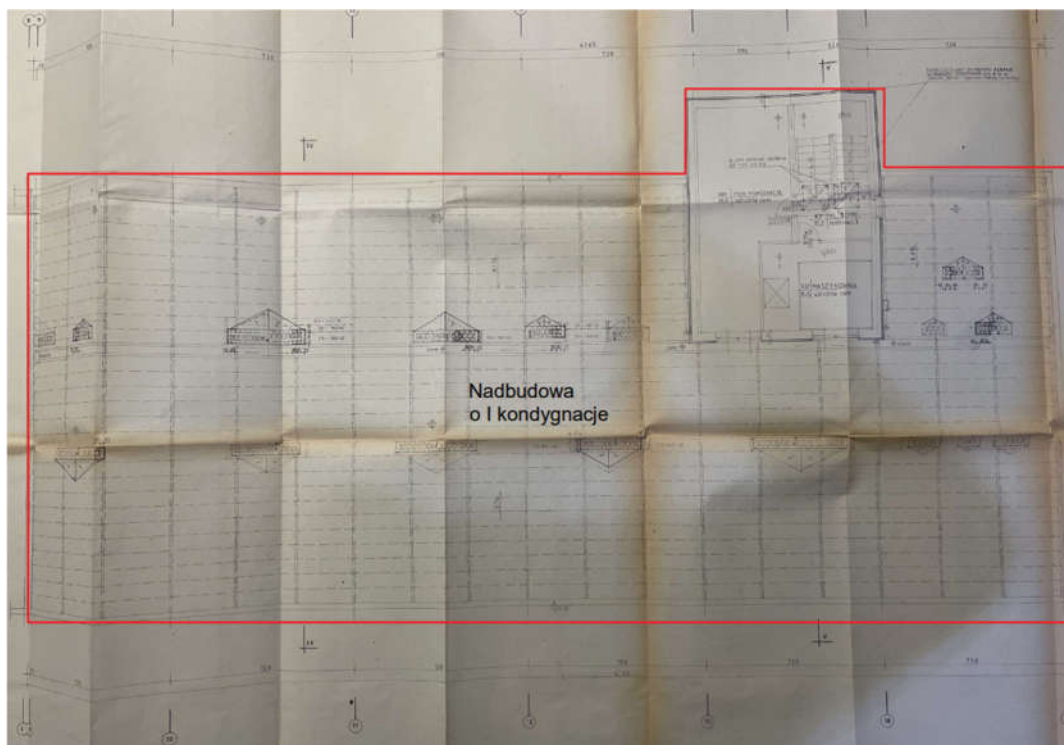
Charakterystyka pawilonu:

Budynek pawilonu podzielony jest na część A i B

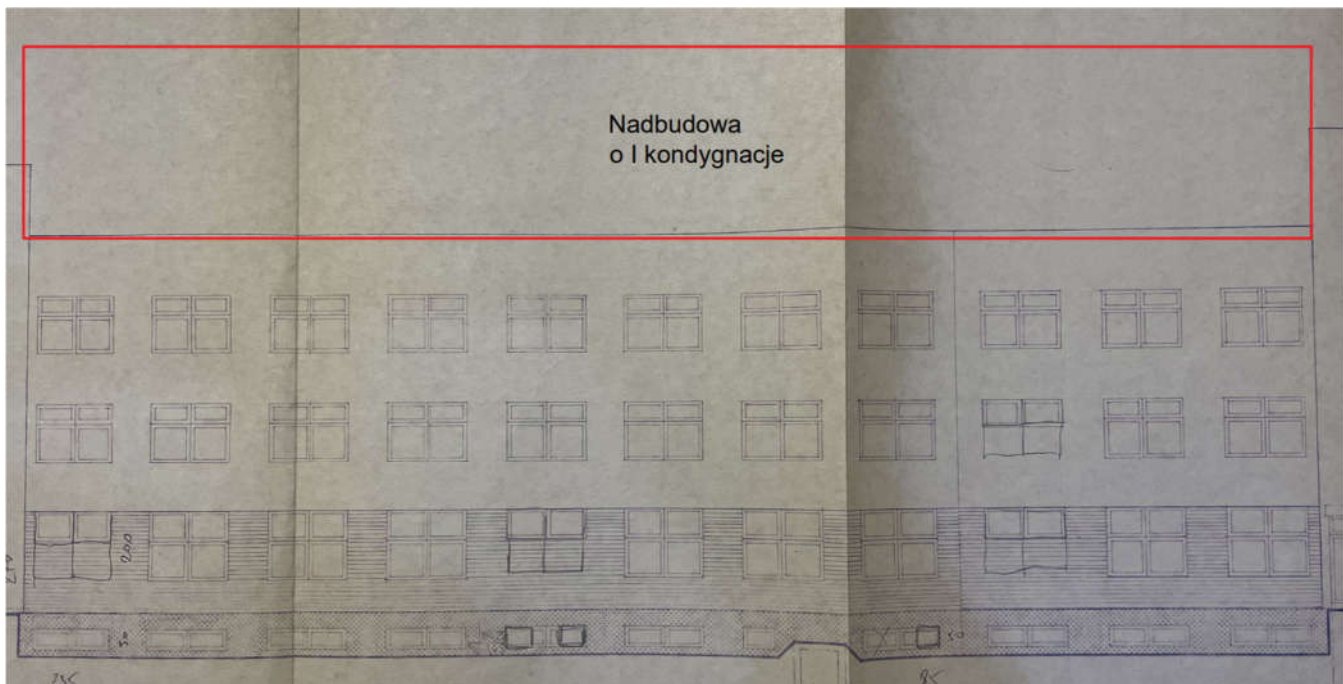
- powierzchnia zabudowy pawilonu A i B 1661,0 m²
- powierzchnia użytkowa pawilonu A i B 5600,9 m²
- kubatura pawilonu A i B 21 681,0 m³
- szerokość budynku pawilonu A ~ 21,90 m
- szerokość budynku pawilonu B ~ 17,70 m
- długość budynku pawilonu A ~ 36,45 m
- długość budynku pawilonu B ~ 43,65 m
- wysokość maksymalna budynku nad poziomem terenu +11,48 m
- wysokość klatki schodowej nad poziomem terenu +13,67 m
-



Rysunek 6 SKAN RZUTU PAWILONU Z ZAZNACZONYM OBSZAREM NADBUDOWY – CZĘŚĆ A



Rysunek 7 SKAN RZUTU PAWILONÓW Z ZAZNACZONYM OBSZAREM NADBUDOWY – CZĘŚĆ B



Rysunek 8 SKAN ELEWACJI PAWILONÓW Z ZAZNACZONYM OBSZAREM NADBUDOWY

Opis konstrukcji obiektu.

Opis sporządzono na podstawie projektu budowlanego pawilonu i łącznika, wizji lokalnej oraz badań diagnostycznych skanerem ferromagnetycznym.

Budynek pawilonu nr.2, trzy kondygnacyjny, podpiwniczony składa się z części „A” i „B”. Obiekt został zrealizowany wg. Projektu z 1983r. w technologii tradycyjnej w układzie poprzecznym. Strop w większości budynku został wykonany jako gęsto żebrowy na bazie pustaków ceramicznych „Cerit” o gr. 28cm i rozpiętości modularnej 7,20m w formie płyt prefabrykowanych.. Nad pomieszczeniem RTG strop został wykonany jako żelbetowy o gr. 28cm z betonu B15 (C12/15) i zbrojony $\Phi 16$ co 10cm ze stali A-III(34GS). Ściany nośne wykonane są z betonowych pustaków typu „Goetz” z zalewaniem otworów co 60cm betonem B15 (C12/15) wraz z ich zbrojeniem $4\Phi 12$, stal A-III(34GS). Wymiary pustaków 60/30/13 cm, rozstaw ścian co 7,20m. Ściany działowe zostały wykonane z cegły o gr. 12cm. Obiekt posadowiono na ławach i ścianach fundamentowych żelbetowych wylewanych z betonu B15(C12/15) i stali AIII(34GS).

Budynek łącznika dwukondygnacyjny, podpiwniczony łączy pawilon nr.2 z wyremontowanym budynkiem głównym. Obiekt został zrealizowany wg. Projektu z 1996 r. w konstrukcji szkieletowej i rozbudowany w roku 2014. Układ głównej konstrukcji objęty opracowaniem niniejszej dokumentacji stanowią 5 nawowe ramy żelbetowe o rozstawie co 7,20m. Słupy i belki zostały wykonane jako elementy żelbetowe z betonu B20 (C16/20) i stali AIII (34GS). Strop na wszystkich kondygnacjach został wykonany jako gęsto żebrowy typu Ackerman gr. 28 cm i rozpiętości modularnej 7,20 m. Ściany zewnętrzne na poziomie styczności z terenem zostały wykonane jako żelbetowe o gr. 20cm z betonu B20 (C16/20) i stali AIII (34GS), ocieplone styropianem z zewnętrzną warstwą z cegły kratówki. W poziomie kondygnacji nadziemnej ściany zewnętrzne z cegły kratówki o gr. 25cm, ocieplone styropianem z zewnętrzną warstwą z cegły kratówki. Ściany wewnętrzne wykonane z cegły dziurawki o gr. 12cm i 6cm. Dach w konstrukcji drewnianej z pokryciem na deskowaniu. Obiekt posadowiono na ławach i stopach żelbetowych z betonu B15(C12/16) i zbrojenie stalą AIII (34GS).

Warunki gruntowe.

W celu przeprowadzenia obliczeń sprawdzających fundamentów obiektu do niniejszej ekspertyzy wykorzystano parametry gruntowe, zamieszczone w opracowaniu archiwalnym z roku 1996 dot. obliczeń statyczno-wytrzymałościowych w których to stwierdzono, że na terenie szpitala i na poziomie posadowienia obiektów zalegają następujące grunty:

- piasek średni o $l_d = 0,7$, $\rho = 1,83 \text{ kg/cm}^3$, $\varphi = 31^\circ$, $M_o = 8900 \text{ MPa}$
- piasek średni o $l_d = 0,6$, $\rho = 1,70 \text{ kg/cm}^3$, $\varphi = 29^\circ$, $M_o = 8900 \text{ MPa}$
- piasek średni/ pospółka: o $l_d = 0,6$, $\rho = 1,80 \text{ kg/cm}^3$, $\varphi = 34^\circ$, $M_o = 8900 \text{ MPa}$.

3. Pawilon nr.2 - część obliczeniowa.

Na bazie dokumentacji archiwalnej o nr. 5023/36138 dot. obliczeń statycznych pawilonu nr.2, badań diagnostycznych oraz wizji lokalnej przeprowadzono obliczenia sprawdzające stany graniczne dla ław fundamentowych według obecnie obowiązujących Norm Europejskich. Ponadto sprawdzono istniejące fundamenty czy są w stanie przenieść większe obciążenie wynikające z nadbudowy o jedną kondygnację obiektu pawilonu.

3.1 Zestawienie obciążeń

3.1.1 Obciążenia stałe

Obciążenia stałe – stropy

L.p.	Wyszczególnienie	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m ²]
1	Warstwa wierzchnia	0,004		0,06
2	Izolacja			0,09
3	Gładź cementowa			0,77
4	Strop Cerit			3,66
5	Tynk			0,38
Σ				4,96

Obciążenia stałe – ściany

L.p.	Wyszczególnienie	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m ²]
1	Ściany typu „Goetz” + tynk	0,30		6,14
2	Wieniec żelbetowy 30cm	0,30	25	2,25

3.1.2 Obciążenia zmienne

Obciążenie użytkowe

L.p.	Wyszczególnienie	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m ²]
1	Obciążenie użytkowe*			2,00 / 5,00
2	Obciążenie zastępcze od ścian działowych			1,2

*Dla pomieszczeń sal chorych oraz gabinetów lekarskich $q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Dla laboratoriów, sal operacyjnych, magazynów $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$

Do obliczeń przyjęto, że nie zmienia się dotychczasowego sposobu użytkowania pomieszczeń istniejących. Założono, że nadbudowana kondygnacja będzie pełniła funkcje gabinetów lekarskich oraz sal chorych.

Rozstaw między głównymi układami nośnymi	7,20 m
Wysokość I kondygnacji wynosi:	3,20
Wysokość II kondygnacji wynosi:	3,60 m
Wysokość III kondygnacji wynosi:	3,30 m
Wysokość IV kondygnacji wynosi:	3,30 m

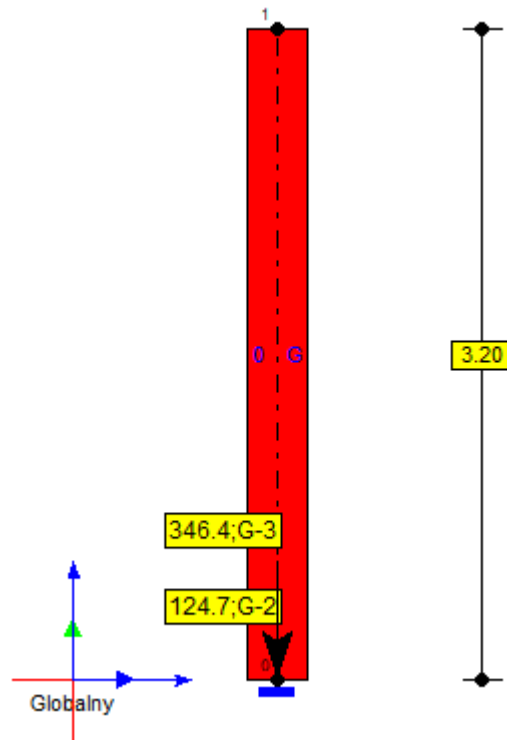
3.2 Zebranie obciążeń na ławę fundamentową w osi 2.

	Rodzaj obciążenia	obc. rozłożone kN/m ²	L [m]	obc. charakterystyczne [kN/m]	wsp.	obc. obliczeniowe [kN/m]
Nowa kondygnacja (III piętro)	obc. stałe (strop Cerit + wykończenie)	4,96	7,2	35,71	1,35	48,21
	obc. wieniec	2,25	1	2,25	1,35	3,04
	obc. ściana	6,14	3,3	20,26	1,35	27,35
	obc. śniegiem	0,72	7,2	5,18	1,5	7,78
	obc. użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
II piętro	obc. stałe (strop Cerit + wykończenie)	4,96	7,2	35,71	1,35	48,21
	obc. wieniec	2,25	1	2,25	1,35	3,04
	obc. ściana	6,14	3,3	20,26	1,35	27,35
	obc. ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc. użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
I piętro	obc. stałe (strop Cerit + wykończenie)	4,96	7,2	35,71	1,35	48,21
	obc. wieniec	2,25	1	2,25	1,35	3,04
	obc. ściana	6,14	3,3	20,26	1,35	27,35
	obc. ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc. użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
parter	obc. stałe (strop Cerit/ Żelbet + wykończenie)	8,3	7,2	59,76	1,35	80,68
	obc. wieniec	2,25	1	2,25	1,35	3,04
	obc. ściana	6,14	3,6	22,10	1,35	29,84
	obc. ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc. użytkowe	5	7,2	36,00	1,5	54,00
piwnica	obc. stałe (strop+wykończenie)	8,3	7,2	59,76	1,35	80,68
	obc. wieniec	2,25	1	2,25	1,35	3,04
	obc. ścianą fundamentową	6	1	6,00	1,35	8,10
	obc. ściana	6,14	3,2	19,65	1,35	26,52
	obc. użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60

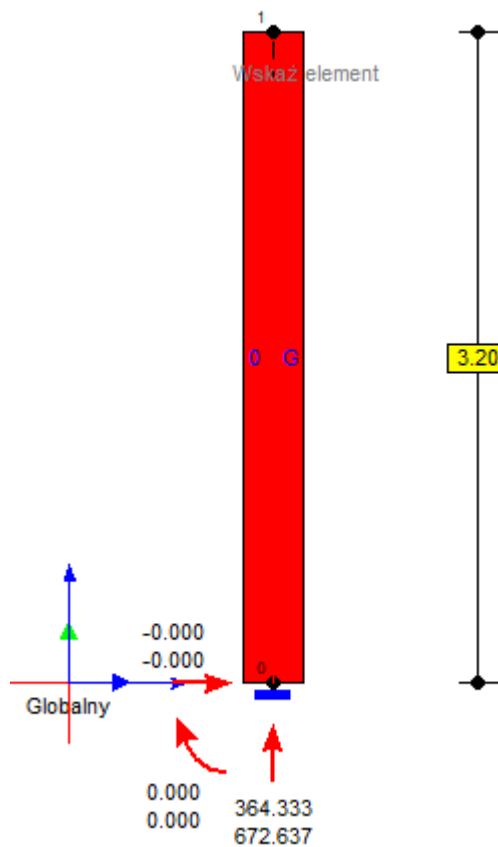
Stan projektowany

Stale	346,44	1,35	467,70
Użytkowe	124,70	1,5	187,06
SUMA	471,15		654,76

3.3 Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe ławy fundamentowej w osi 2



Rysunek 9 SCHEMAT STATYCZNY



Rysunek 10 WARTOŚCI REAKCJI PODPOROWYCH

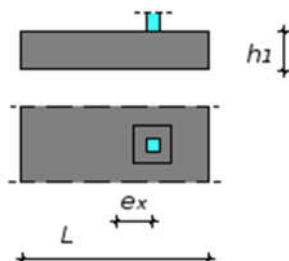
3.3.1 Wymiarowanie ławy fundamentowej

Węzeł nr 0 - Fundamenty bezpośrednie [PN-EN 1997-1]

Informacje o węźle

Położenie: (x=1.000m, y=0.000m)

Geometria



Wymiary: L = 1.60m, h₁ = 0.40m, e_x = 0.0

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "Profil-1"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m ³]	Gęstość objętości [kN/m ³]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrznego [deg]	Spójność gruntu	Efektywna spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie (bez odplywu)	Pierwotny moduł ściśliwości [kPa]
1	Piasek średni	2.65	0.971	0.70	34.3	0.00	0.00	40.00	13000 0.0

Głębokość posadowienia: 0.60m

Całkowite wyłączenie elementu: 123%

Nośność podłoża: 95 %

Odrywanie: 0 %

Poślizg: 0 %

Obrót: 0 %

Osiadanie: 6 %

Przebicie: 62 %

Zbrojenie: 123 %

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża (94.9 %)

Komb: max Vd (SGN) (+) (+0,+1,+2,+3,) → Vd=700.6kN, Hx=0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Decydująca warstwa gruntu: 1: Piasek średni na rzędnej D = 0.60m

Obliczeniowa siła normalna: V_d = 700.56kN

Mimośród statyczny: e_x = -0.00m e_y = 0.00m

Wymiary zastępcze fundamentu: B̄ = 1.00m L̄ = 1.60m

Szerokość fundamentu: B' = 1.60m

Współczynniki nośności: N_γ = 40.50 N_c = 43.42 N_q = 30.65

Współczynniki nachylenia obciążenia: i_γ = 1.00 i_c = 1.00 i_q = 1.00

Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu: b_c = 1.0 b_q = 1.0 b_γ = 1.0

Nośność podłoża w warunkach z odplywem:

$$R = A'(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5\gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R = 1.60(0.00 \cdot 43.42 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 + 10.80 \cdot 30.65 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 + 0.5 \cdot 9.71 \cdot 1.60 \cdot 40.50 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00) = 1033.20 \text{ kN}$$

gdzie:

- $\bar{B}/\bar{L} = 0.00$ (Ława fundamentowa)

Warunek nośności podłoża

$$V_d = 700.56 \text{ kN} < 738.00 \text{ kN} = 1033.20 / 1.40 = R / \gamma_R$$

Odrywanie (0.0 %)

Komb: min My (SGN) (+) (0,1,3,) → $V_d=392.3 \text{ kN}$, $H_x=0.0 \text{ kN}$, $M_y=-0.0 \text{ kNm}$, $H_y=0.0 \text{ kN}$, $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.00 \text{ m}$, $A = 0.00 \text{ m}^2$.

Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:

$$\frac{c}{c_{\text{lim}}} = \frac{0.00}{0.79} = 0.00 < 0.25$$

Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:

$$\frac{A}{A_{\text{lim}}} = \frac{0.00}{1.60} = 0.00 < 0.25$$

Obrót (0.0 %)

Komb: min Hx (SGU) (-) (0,1,3,) → $V_d=382.9 \text{ kN}$, $H_x=0.0 \text{ kN}$, $M_y=-0.0 \text{ kNm}$, $H_y=0.0 \text{ kN}$, $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowe momenty wywracający: $M_y = -0.00 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 306.36 \text{ kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi Y:

$$M_y = -0.00 < 278.51 \text{ kNm} = 306.36 / 1.10 = M_{y,u} / \gamma_R$$

Poślizg (0.0 %)

Komb: max Vd (SGN) (-) (+0,+1,+2,+3,) → $V_d=691.2 \text{ kN}$, $H_x=0.0 \text{ kN}$, $M_y=-0.0 \text{ kNm}$, $H_y=0.0 \text{ kN}$, $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuująca: $H = 0.00 \text{ kN}$

Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan \delta_k = 0.52$

Wartość siły utrzymującej w warunkach z odpływem: $V_r = \tan \delta_k \cdot V_d = 472.07 \text{ kN}$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 0.00 < 429.15 \text{ kN} = 472.07 / 1.10 = V_r / \gamma_R$$

Zbrojenie (122.6 %) - Warunek przekroczony!!!

Komb: max Vd (SGN) (+) (+0,+1,+2,+3,) → $V_d=700.6 \text{ kN}$, $H_x=0.0 \text{ kN}$, $M_y=-0.0 \text{ kNm}$, $H_y=0.0 \text{ kN}$, $M_x=0.0 \text{ kNm}$

W obliczeniach pominięto zbrojenie minimalne.

Zbrojenie w kierunku L:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 104.1 \text{ kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 8.0 \text{ MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0 \text{ MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 36.4 \text{ cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{\text{eff}} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9482$

$A_0 = 0.098$, $A_{0,\text{lim}} = 0.480$

Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: $A_{sB,\text{stat}} = \frac{M_{Ed}/B}{f_{yd} \cdot \zeta_{\text{eff}} \cdot d} = 6.9 \text{ cm}^2/\text{m}$

przyjęto $5\Phi 12/\text{m}$ → $A_{sL,\text{prov}} = 5.7 \text{ cm}^2/\text{m} > 6.93 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sL,\text{req}}$

Przebiecie (61.6 %)

Komb: max Vd (SGN) (-) (+0,+1,+2,+3,) → $V_d=691.2 \text{ kN}$, $H_x=0.0 \text{ kN}$, $M_y=-0.0 \text{ kNm}$, $H_y=0.0 \text{ kN}$, $M_x=0.0 \text{ kNm}$

Obliczeniowa siła pionowa: $V_{Ed} = 672.64 \text{ kN}$

Przyjęto $\theta = 45.0^\circ$ → $\tan \theta = 1.00$

Obwód kontrolny i wysokość użyteczna: $u = 200.00 \text{ cm}$, $d = 35.95 \text{ cm}$

Naprężenia ścinające: $v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed} - \Delta V}{u d} = 1.00 \cdot \frac{(672.64 - 424.94) \cdot 10^{-3}}{2.00 \cdot 0.36} = 0.34 \text{ MPa}$,

gdzie: $\beta = 1 + k \cdot \frac{M}{V} \cdot \frac{u}{W} = 1 + 0.45 \cdot \frac{0.00}{247.69} \cdot \frac{2.00}{1.54} = 1.00$

Nośność na przebiecie: $v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}, 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \frac{2d}{a} = 0.56 \text{ MPa}$,

gdzie stopień zbrojenia: $\rho_l = 0.06\%$

Warunek nośności na przebiecie:

$$v_{Ed} = 0.34 \text{ MPa} < 0.56 \text{ MPa} = v_{Rd,c}$$

Osiadanie (6.1 %)

Komb: max Vd (SGU) (+) (0,1,2,3,) → Vd=517.0kN, Hx=0.0kN, My=-0.0kNm, Hy=0.0kN, Mx=0.0kNm

Dopuszczalną wartość osiadania: $s_{\max} = 5.00$

Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku → $\lambda = 1$

Warunek osiadań fundamentu: $s = 0.30\text{cm} < 5.00\text{cm} = s_{\max}$

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych stwierdzono, że przy dodatkowym obciążeniu pawilonu nr 2 wynikającym z jego nadbudowy:

- **znacznie spada nośność fundamentów ! Warunek nośności podłoża gruntowego dla łąwy fundamentowej w osi 2 jest bliski przekroczenia.**
- **nośność zbrojenia głównego łąwy fundamentowej w osi 2 została przekroczona; zbrojenie główne #12 co 20cm jest niewystarczające.**

4. Łącznik - część obliczeniowa.

Na bazie dokumentacji archiwalnej, badań diagnostycznych oraz wizji lokalnej przeprowadzono obliczenia sprawdzające stany graniczne dla słupów, belek i fundamentów według obecnie obowiązujących Norm Europejskich. Ponadto sprawdzono istniejące fundamenty czy są w stanie przenieść większe obciążenie wynikające z nadbudowy łącznika.

4.1 Zestawienie obciążeń

4.1.1 Obciążenia stałe

Obciążenia stałe – stropy

L.p.	Wyszczególnienie	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m ²]
1	Wykładzina PCV	0,005		0,09
2	Beton wyrównawczy	0,04		1,20
3	Papa	0,06		0,07
4	Wełna mineralna	0,03		0,04
4	Strop Ackerman	0,28		3,85
5	Tynk	0,02		0,49
Σ				5,74

4.1.2 Obciążenia zmienne

Obciążenie użytkowe

L.p.	Wyszczególnienie	Grubość [m]	Ciężar [kN/m ³]	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m ²]
1	Obciążenie użytkowe			2,00 / 3,50
2	Obciążenie zastępcze od ścian działowych			1,2

Rozstaw między głównymi układami nośnymi 7,20 m

Wysokość I kondygnacji wynosi: 2,92 m

Wysokość II kondygnacji wynosi: 3,30 m

Wysokość III kondygnacji wynosi: 3,60 m

Wysokość nowoprojektowanej kondygnacja wynosi: 3,60 m

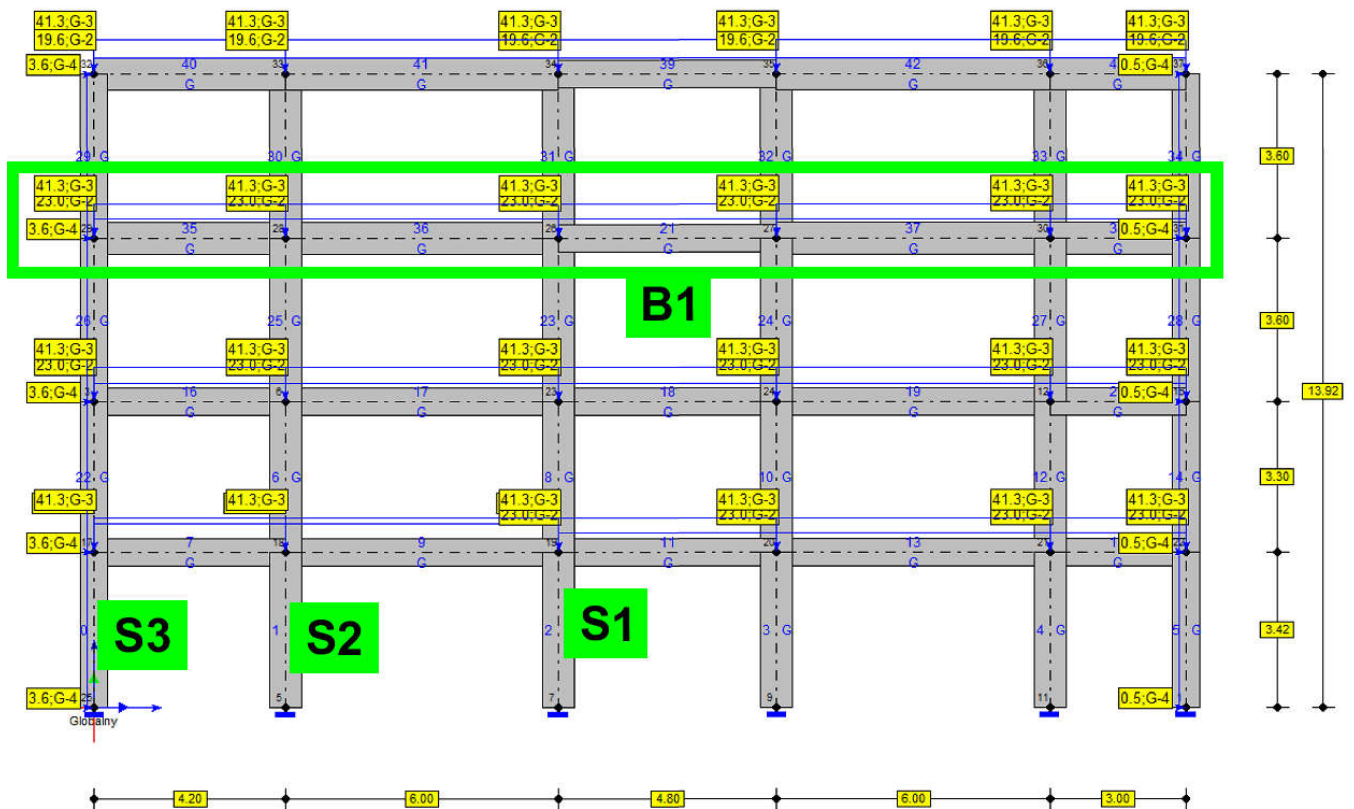
4.2 Zebranie obciążeń na ramę w osi 9.

	Rodzaj obciążenia	kN/m ²	L	kN/m	wsp.	obliczeniowe
Nowa kondygnacja (III piętro)	obc.stale (strop Ackerman +wykończenie)	5,74	7,2	41,33	1,35	55,79
	obc.użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
	obc.śniegiem	0,72	7,2	5,18	1,5	7,78
II piętro (częściowo nadbudowane)	obc.stale (strop Ackerman +wykończenie)	5,74	7,2	41,33	1,35	55,79
	obc.ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc.użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
I piętro (w osi D-F obc. użytkowe 3,5 w pozostałych osiach 2)	obc.stale (strop Ackerman +wykończenie)	5,74	7,2	41,33	1,35	55,79
	obc.ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc.użytkowe	2	7,2	14,40	1,5	21,60
parter	obc.stale (strop Ackerman +wykończenie)	5,74	7,2	41,33	1,35	55,79
	obc.ściany działowe	1,2	7,2	8,64	1,5	12,96
	obc.użytkowe	3,5	7,2	25,20	1,5	37,80

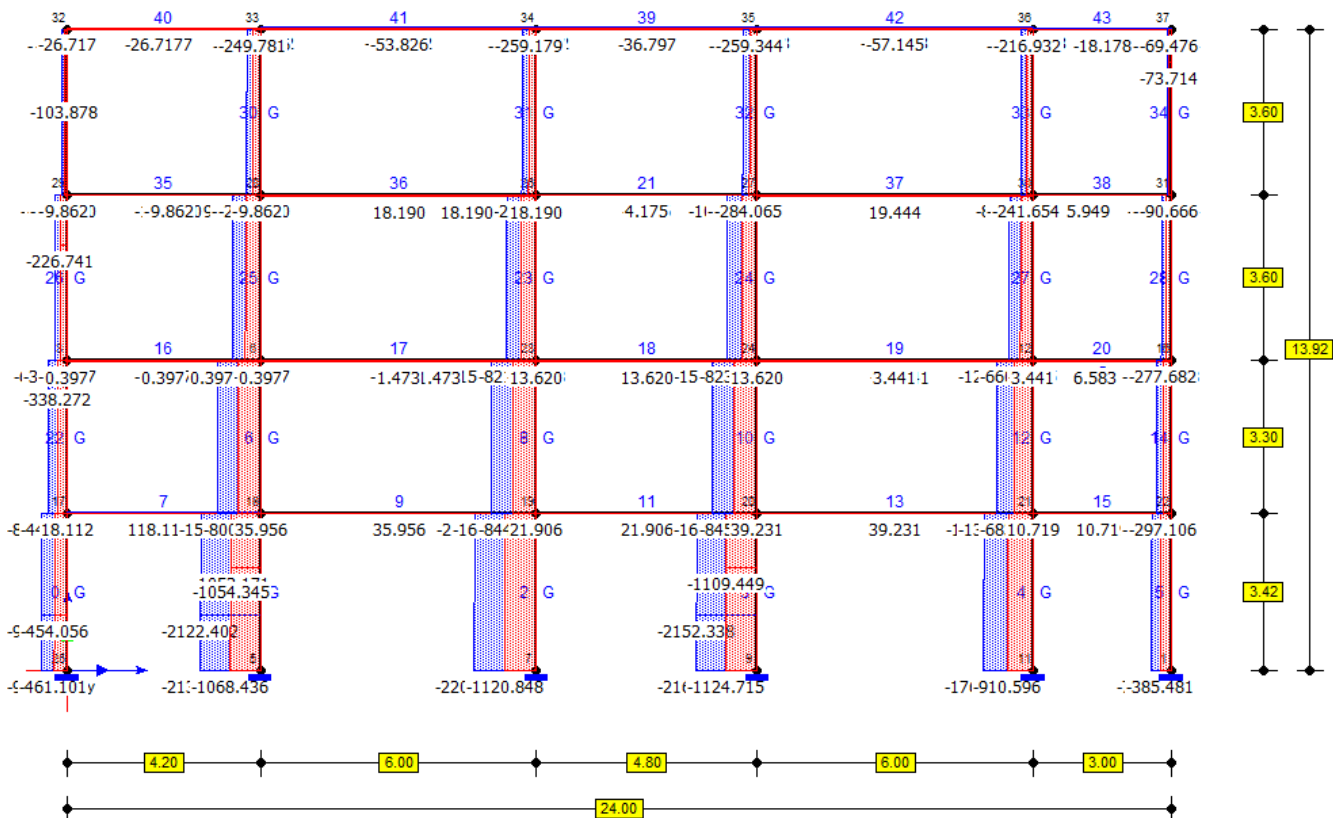
Stan projektowany

Stale	165,31	1,35	223,17
Użytkowe	99,50	1,5	149,26
SUMA	264,82		372,43

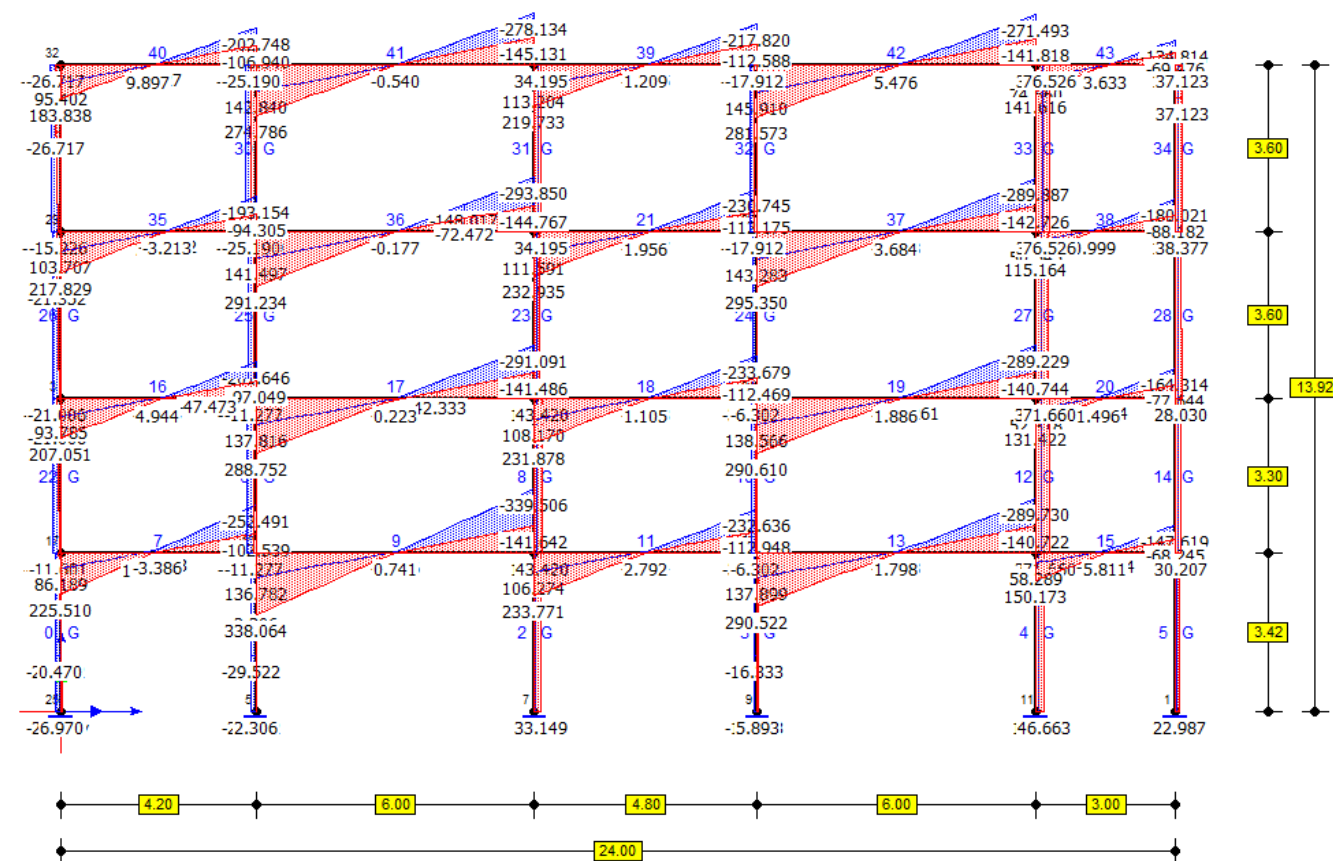
4.3 Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe ramy w osi 9



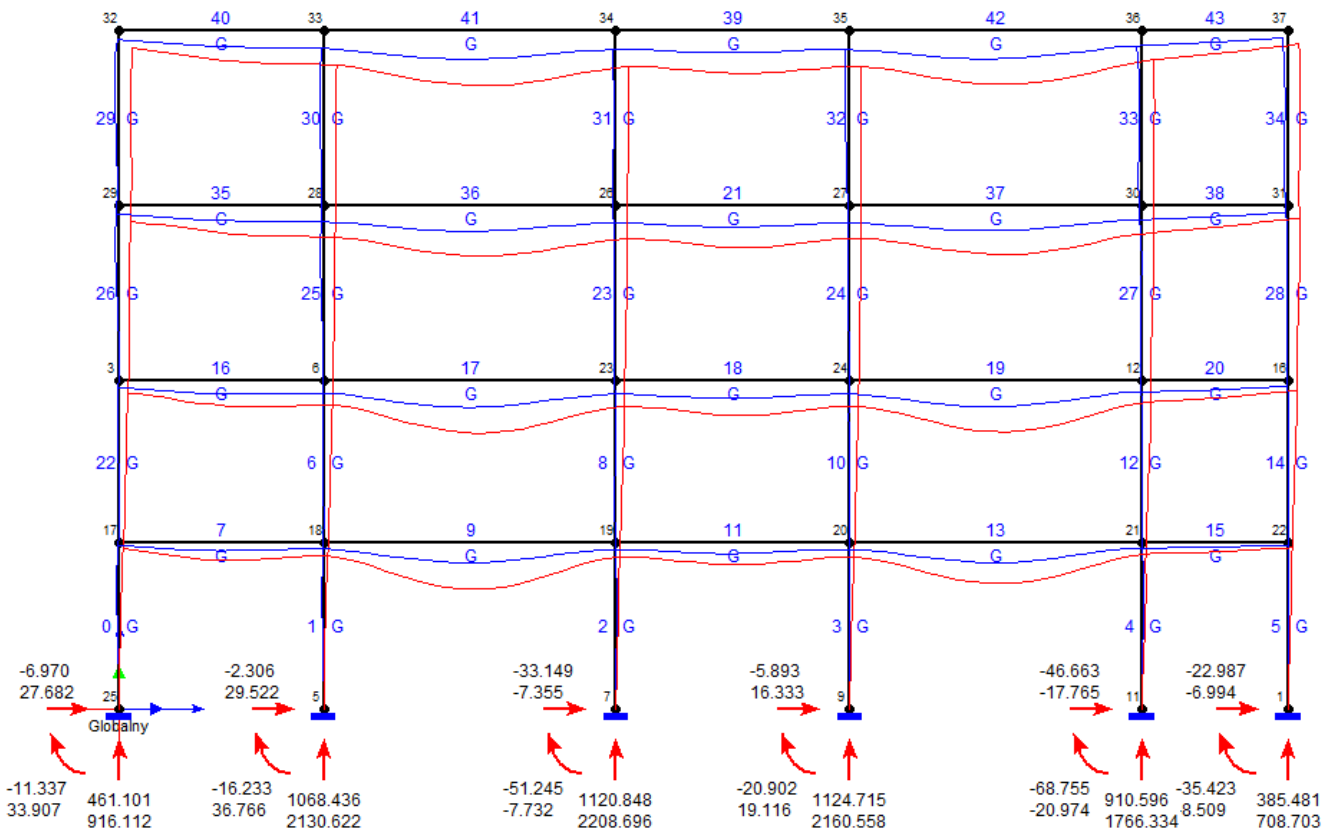
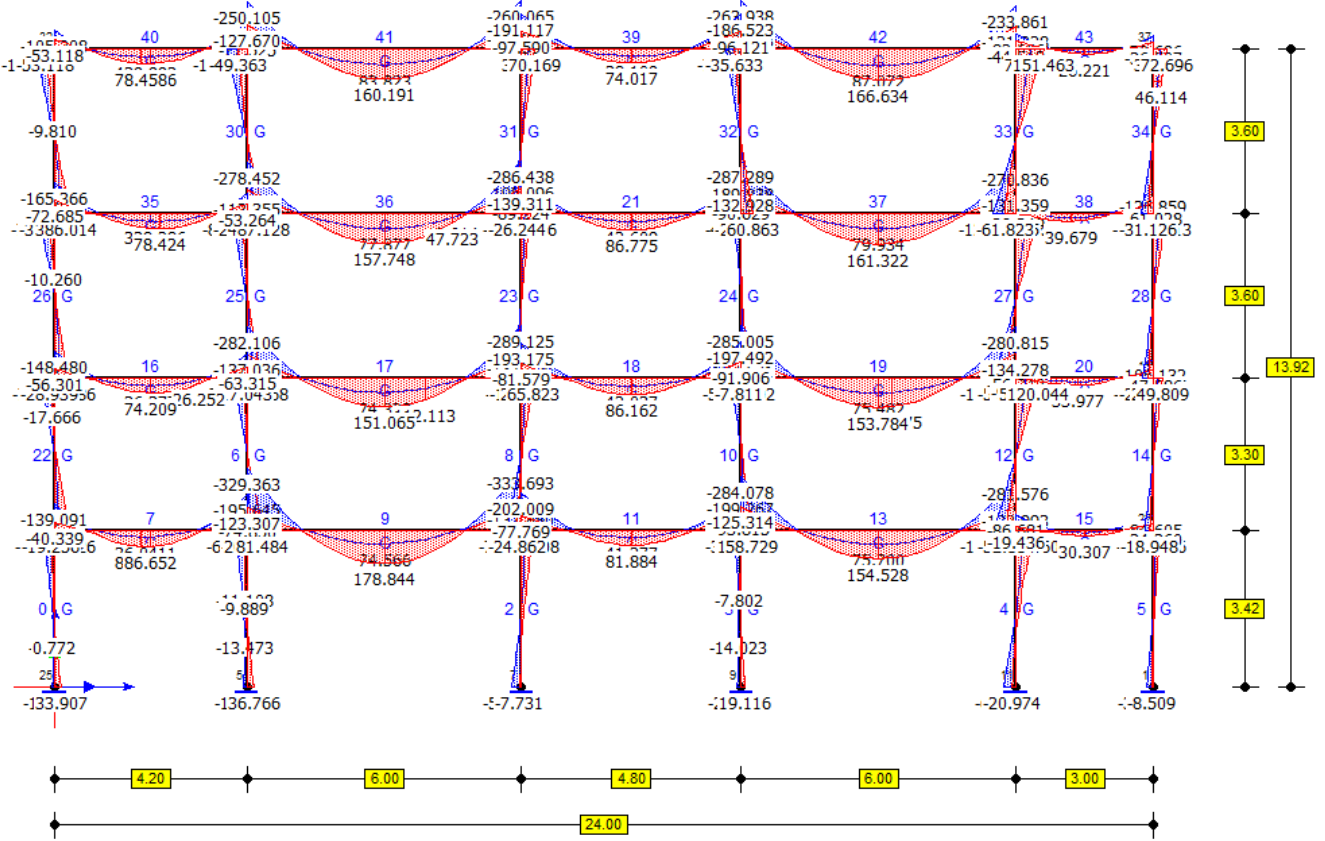
Rysunek 11 SCHEMAT STATYCZNY



Rysunek 12 WYKRES SIŁ NORMALNYCH



Rysunek 13 WYKRES SIŁ TNĄCYCH



4.3.1 Wymiarowanie słupa S3

Pręt nr 0 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 25 (x=0.000m, y=0.000m); 17 (x=0.000m, y=3.420m)

Profil: S_40x60 (C12/15)

Zbrojenie podłużne (34GS (B))

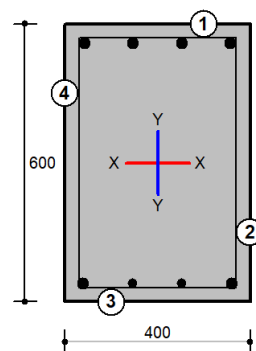
Krawędź 1 - 4φ25; od L1=0.00m do L2=3.42m; lbd1=1.26m; lbd2=11.76m

Krawędź 3 - 2φ20; od L1=0.00m do L2=3.42m; lbd1=1.01m; lbd2=11.51m

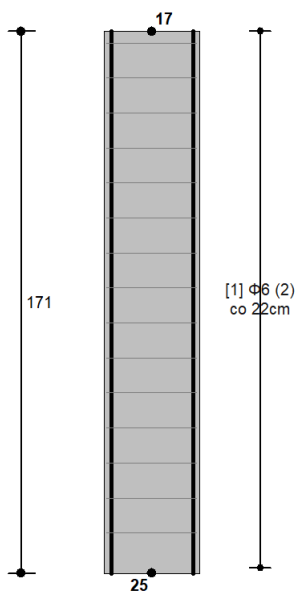
Krawędź 3 - 2φ25; od L1=0.00m do L2=3.42m; lbd1=1.26m; lbd2=11.76m

Strzemiona (RB500W (A))

Odcinek 1 od x1/L=0.01 do x2/L=1.00: (Y-Y) 2φ6 (X-X) 2φ6 co 22cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 30%

Zbrojenie główne: 30 %

Ścinanie: 25 %

Zbrojenie główne (ściananie): 0 %

Rysy prostopadłe: 0 %

Ugięcia: 1 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyteżenie
0	0.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	min Mx	Zbrojenie główne	14.3 %
2	0.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
4	0.000	min Ty	Zbrojenie główne	27.7 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Zbrojenie główne	14.3 %
7	0.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
8	0.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	max Ty	Zbrojenie główne	14.3 %
10	0.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
11	0.000	min N	Zbrojenie główne	27.7 %
12	0.000	max Mx	Zbrojenie główne	27.7 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Zbrojenie główne	14.2 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Zbrojenie główne	27.1 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Zbrojenie główne	14.2 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Zbrojenie główne	14.2 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Zbrojenie główne	27.1 %
25	0.167	max Mx	Zbrojenie główne	27.1 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Zbrojenie główne	14.1 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	min Ty	Zbrojenie główne	26.5 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Zbrojenie główne	14.1 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne	14.1 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Zbrojenie główne	26.5 %
38	0.333	max Mx	Zbrojenie główne	26.5 %
39	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	28.0 %
41	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	28.4 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	14.0 %
46	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	14.0 %
49	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	28.4 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	14.6 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Zbrojenie główne	28.8 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne	28.8 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne	13.9 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Zbrojenie główne	13.9 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Zbrojenie główne	28.8 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne	13.9 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Zbrojenie główne	29.3 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Zbrojenie główne	29.3 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Zbrojenie główne	13.9 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Zbrojenie główne	13.9 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Zbrojenie główne	29.3 %
77	0.833	max Mx	Zbrojenie główne	13.9 %
78	1.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
79	1.000	min Mx	Zbrojenie główne	29.8 %
80	1.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
81	1.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
82	1.000	min Ty	Zbrojenie główne	29.8 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Zbrojenie główne	13.8 %
85	1.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
86	1.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
87	1.000	max Ty	Zbrojenie główne	13.8 %
88	1.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
89	1.000	min N	Zbrojenie główne	29.8 %
90	1.000	max Mx	Zbrojenie główne	13.8 %
91	0.720	max v	Ugięcia	1.0 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42m$; Kombinacja: $max Mx (+0,+1,-3,+4)$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{441.0}{35.7} = 1.2 \text{cm}^2 < 35.7 \text{cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 24.0 = 4.8\text{cm}^2 < 35.7\text{cm}^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_f k_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.067 \cdot 0.8 \cdot 0.16 \cdot 1200.0}{20.0} = 0.5\text{cm}^2 < 16.1\text{cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1H} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{0.20}{1.50 \frac{40.0}{40.0} 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.067$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 3.420\text{m}$

Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +3,)$

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

$$e_{i,y} = 0.5\theta_0 \alpha_h \alpha_m l_0 = 0.5 \cdot 0.0050 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 3420.0 = 8.6\text{mm}$$

$$\text{Dodatkowy moment zginający: } M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.009 \cdot 895.982 = 7.7\text{kNm}$$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} - M_{Ed,y,ei} = -60.8 - 7.7 = -68.4\text{kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.496 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.445)}} = 22.4 > 19.7 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$- A = \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22.000} = 0.714,$$

$$- B = \sqrt{(1 + 2\omega)} = \sqrt{(1 + 20.619)} = 1.496,$$

$$- C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700.$$

Smukłość elementu mniejsza niż smukłość graniczna wg 5.8.3.1(1) - pominięto efekty drugiego rzędu.

Zbrojenie główne (29.8 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +3,)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 59.5\text{cm}$, $a_1 = 0.0\text{cm}$, $d = 59.5\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -3006.8\text{kN} < -896.0\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 1226.2\text{kN} > -896.0\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

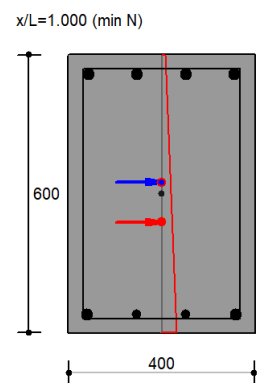
$$M_{Rd} = 488.6\text{kNm} > 68.4\text{kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\epsilon_{s1} = 0.00016 > -0.0100$$

$$\epsilon_{cu} = 0.00057 < 0.0035$$

$$\epsilon_c = 0.00038 < 0.0020$$



Ścinanie (24.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0, +1, +2, +3,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemiionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.598(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 1.71] \cdot 400 \cdot 560.0 \cdot 1e - 3 = 57.6\text{kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.245 + 0.150 \cdot 0.171) 0.400 \cdot 0.560 = 112.4 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 112.4 \text{ kN} > 27.7 \text{ kN} = V_{Ed}$ -> zbrojenie nie jest wymagane gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.598$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{sL}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 56.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.598^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.245$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.571 \cdot 40.0 \cdot 56.0 \cdot 0.86 = 548.4 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 112.4 \text{ kN} > 27.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 548.4 \text{ kN} > 27.7 \text{ kN}$$

Ugięcia (1.0 %)

Przekrój: $x/L=0.720$, $L=2.46\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0,1,S2,3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: Wspornik - utw. na początku elementu

Efektywny moduł sprężystości betonu: $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} I$ lub $B_0 = E_{cm} I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 \left(1 - \frac{I}{I_I}\right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.2 \text{ mm} < 17.1 \text{ mm} = a_{lim}$.

4.3.2 Wymiarowanie słupa S2

Pręt nr 1 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 5 ($x=4.200\text{m}$, $y=0.000\text{m}$); 18 ($x=4.200\text{m}$, $y=3.420\text{m}$)

Profil: S_40x70 (C12/15)

Zbrojenie podłużne (34GS (B))

Krawędź 1 - 2 ϕ 22; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.11\text{m}$; $l_{bd2}=11.61\text{m}$

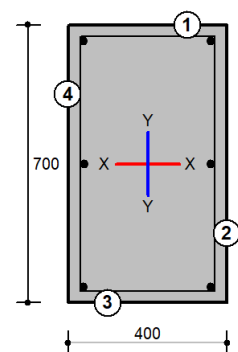
Krawędź 2 - 1 ϕ 22; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.11\text{m}$; $l_{bd2}=11.61\text{m}$

Krawędź 3 - 2 ϕ 22; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.11\text{m}$; $l_{bd2}=11.61\text{m}$

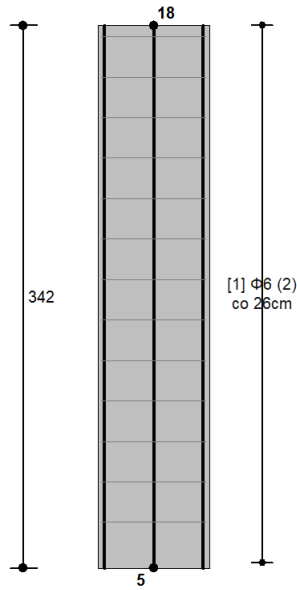
Krawędź 4 - 1 ϕ 22; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.11\text{m}$; $l_{bd2}=11.61\text{m}$

Strzemiona (RB500W (A))

Odcinek 1 od $x1/L=0.01$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) 2 ϕ 6 (X-X) 2 ϕ 6 co 25cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 72%

Zbrojenie główne: 72 %
 Ścinanie: 23 %
 Zbrojenie główne (ściananie): 0 %
 Rysy prostopadłe: 0 %
 Ugięcia: 1 %
 Zbrojenie minimalne: 0 %
 Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %
 Zakotwienie zbrojenia: 0 %
 Rozstaw strzemion: 0 %
 Zbrojenie min. strzemionami: 0 %
 Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	min Mx	Zbrojenie główne	34.2 %
2	0.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
4	0.000	min Ty	Zbrojenie główne	70.0 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Zbrojenie główne	33.9 %
7	0.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
8	0.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	max Ty	Zbrojenie główne	34.2 %
10	0.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
11	0.000	min N	Zbrojenie główne	68.6 %
12	0.000	max Mx	Zbrojenie główne	70.0 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Zbrojenie główne	34.0 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Zbrojenie główne	68.5 %

18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Zbrojenie główne	33.5 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Zbrojenie główne	34.0 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Zbrojenie główne	67.5 %
25	0.167	max Mx	Zbrojenie główne	68.5 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Zbrojenie główne	33.9 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	min Ty	Zbrojenie główne	67.0 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Zbrojenie główne	33.1 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne	33.9 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Zbrojenie główne	67.3 %
38	0.333	max Mx	Zbrojenie główne	67.0 %
39	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	60.9 %
41	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	67.7 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	33.2 %
46	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	33.7 %
49	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	68.2 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	33.2 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Zbrojenie główne	69.0 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne	69.0 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne	33.3 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Zbrojenie główne	33.5 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Zbrojenie główne	69.0 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne	33.5 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Zbrojenie główne	70.4 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Zbrojenie główne	70.4 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Zbrojenie główne	33.4 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Zbrojenie główne	33.3 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Zbrojenie główne	69.9 %
77	0.833	max Mx	Zbrojenie główne	33.3 %
78	1.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
79	1.000	min Mx	Zbrojenie główne	71.9 %
80	1.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
81	1.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
82	1.000	min Ty	Zbrojenie główne	71.9 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Zbrojenie główne	33.6 %
85	1.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
86	1.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
87	1.000	max Ty	Zbrojenie główne	33.1 %
88	1.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
89	1.000	min N	Zbrojenie główne	70.9 %
90	1.000	max Mx	Zbrojenie główne	33.1 %
91	0.730	max v	Ugięcia	0.9 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+3,+K4)$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{2130.6}{35.7} = 6.0 \text{cm}^2 < 22.8 \text{cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 28.0 = 5.6 \text{cm}^2 < 22.8 \text{cm}^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_f k_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim.}} = \frac{0.000 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{24.0} = 0.0 \text{cm}^2 < 15.2 \text{cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1f} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{0.43}{1.50 \frac{70.0}{70.0} \cdot 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.000$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 3.420m$

Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42m$; Kombinacja: $min Ty (-0,-1,+2,+3,)$

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

$$e_{i,y} = 0.5\theta_0 \alpha_h \alpha_m l_0 = 0.5 \cdot 0.0050 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 3420.0 = 8.6 \text{mm}$$

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.009 \cdot 2102.103 = 18.0 \text{ kNm}$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} - M_{Ed,y,ei} = -64.2 - 18.0 = -82.2 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.295 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.888)}} = 13.7 < 16.9 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$- A = \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22 \cdot 0.00} = 0.714,$$

$$- B = \sqrt{(1 + 2\omega)} = \sqrt{(1 + 20.339)} = 1.295,$$

$$- C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700.$$

Wyznaczenie momentu drugiego rzędu za pomocą metody sztywności nominalnej (5.8.7).

Siła krytyczna:

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{l_0^2} (K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s)$$

$$N_{B,y} = \frac{\pi^2}{3.42^2} (0.023 \cdot 22500.0 \cdot 1.14e-02 + 1.0 \cdot 200000.00 \cdot 1.46e-04) = 29.5 \text{ MN} = 29547.5 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- \phi_{eff} = \phi(\infty, t_0) \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2.00 \cdot 1.00 = 2.00$$

$$- k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{12.0}{20}} = 0.775, \quad k_2 = \min \left[0.2, \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \frac{\lambda_x}{170} \right] = \min \left[0.2, 0.876 \frac{16.9}{170} \right] = 0.087$$

$$- K_c = \frac{k_1 k_2}{1 + \phi_{eff}} = 0.023.$$

Powiększony moment zginający:

$$M_{Ed,y} = M_{0Ed,y} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right) = -82.2 \left(1 + \frac{1.234}{\frac{29547.5}{2102.1} - 1} \right) = -89.9 \text{ kNm}$$

gdzie przyjęto:

$$- \beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8.0} = 1.234$$

Zbrojenie główne (71.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42\text{m}$; Kombinacja: $\min T_y (-0, -1, +2, +3,)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 69.4\text{cm}$, $a_1 = 0.0\text{cm}$, $d = 69.4\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -2925.6 \text{ kN} < -2102.1 \text{ kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 575.1 \text{ kN} > -2102.1 \text{ kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

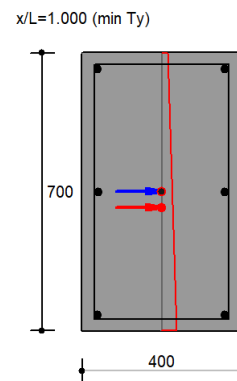
$$M_{Rd} = 273.1 \text{ kNm} > 89.9 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\epsilon_{s1} = 0.00058 > -0.0100$$

$$\epsilon_{cu} = 0.00131 < 0.0035$$

$$\epsilon_c = 0.00098 < 0.0020$$



Ścinanie (22.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1, +2, +3,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemiomami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.550(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 1.71] \cdot 400 \cdot 660.0 \cdot 1e-3 = 67.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.171) 0.400 \cdot 0.660 = 129.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 129.7 \text{ kN} > 29.5 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.550$$

$$- \rho_L = \min \left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_{wd}} \right) = \min \left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 66.0} \right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.550^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.571 \cdot 40.0 \cdot 66.0 \cdot 0.86 = 646.3 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 129.7 \text{ kN} > 29.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 646.3 \text{ kN} > 29.5 \text{ kN}$$

Ugięcia (0.9 %)

Przekrój: $x/L=0.730$, $L=2.50\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0, 1, S2, 3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: Wspornik - utw. na początku elementu

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_I}{J_{II}} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.2 \text{ mm} < 17.1 \text{ mm} = a_{lim}$.

4.3.3 Wymiarowanie słupa S1

Pręt nr 2 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 7 ($x=10.200\text{m}$, $y=0.000\text{m}$); 19 ($x=10.200\text{m}$, $y=3.420\text{m}$)

Profil: S_40x70 (C12/15)

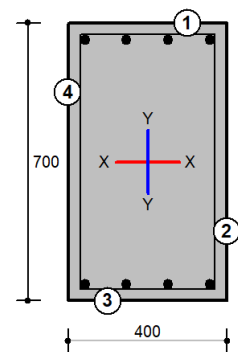
Zbrojenie podłużne (34GS (B))

Krawędź 1 - $4\phi 25$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.26\text{m}$; $l_{bd2}=11.76\text{m}$

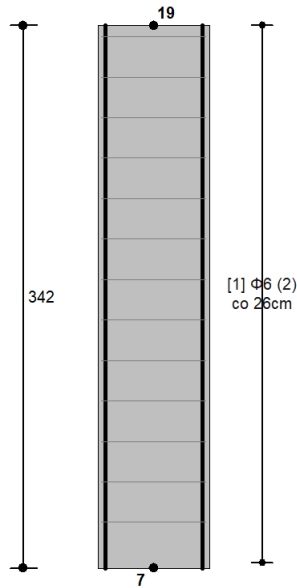
Krawędź 3 - $4\phi 25$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.42\text{m}$; $l_{bd1}=1.26\text{m}$; $l_{bd2}=11.76\text{m}$

Strzemiona (RB500W (A))

Odcinek 1 od $x1/L=0.01$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) $2\phi 6$ (X-X) $2\phi 6$ co 25cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 61%

Zbrojenie główne: 61 %
 Ścinanie: 26 %
 Zbrojenie główne (ściananie): 0 %
 Rysy prostopadłe: 0 %
 Ugięcia: 0 %
 Zbrojenie minimalne: 0 %
 Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %
 Zakotwienie zbrojenia: 0 %
 Rozstaw strzemion: 0 %
 Zbrojenie min. strzemionami: 0 %
 Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	min Mx	Zbrojenie główne	54.2 %
2	0.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
4	0.000	min Ty	Zbrojenie główne	29.6 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Zbrojenie główne	30.3 %
7	0.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
8	0.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	max Ty	Zbrojenie główne	54.2 %
10	0.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
11	0.000	min N	Zbrojenie główne	59.4 %
12	0.000	max Mx	Zbrojenie główne	29.6 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Zbrojenie główne	53.2 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Zbrojenie główne	29.4 %

18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Zbrojenie główne	29.9 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Zbrojenie główne	53.2 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Zbrojenie główne	58.6 %
25	0.167	max Mx	Zbrojenie główne	29.4 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Zbrojenie główne	29.5 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	min Ty	Zbrojenie główne	29.3 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Zbrojenie główne	29.5 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne	52.3 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Zbrojenie główne	58.0 %
38	0.333	max Mx	Zbrojenie główne	58.0 %
39	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	29.1 %
41	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	29.2 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	29.1 %
46	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	51.8 %
49	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	58.5 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	58.5 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Zbrojenie główne	29.3 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne	29.3 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne	29.2 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Zbrojenie główne	52.5 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Zbrojenie główne	59.1 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne	59.1 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Zbrojenie główne	29.3 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Zbrojenie główne	29.3 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Zbrojenie główne	29.4 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Zbrojenie główne	53.3 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Zbrojenie główne	59.7 %
77	0.833	max Mx	Zbrojenie główne	59.9 %
78	1.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
79	1.000	min Mx	Zbrojenie główne	29.3 %
80	1.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
81	1.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
82	1.000	min Ty	Zbrojenie główne	29.3 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Zbrojenie główne	29.6 %
85	1.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
86	1.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
87	1.000	max Ty	Zbrojenie główne	54.1 %
88	1.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
89	1.000	min N	Zbrojenie główne	60.3 %
90	1.000	max Mx	Zbrojenie główne	60.8 %
91	0.620	max v	Ugięcia	0.3 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+3)$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{2208.7}{35.7} = 6.2 \text{ cm}^2 < 39.3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.002 A_c = 0.002 \cdot 28.0 = 5.6 \text{ cm}^2 < 39.3 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_f k_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim.}} = \frac{0.000 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{20.0} = 0.0 \text{ cm}^2 < 19.6 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1f} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{0.45}{1.50 \frac{40.0}{40.0} \cdot 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.000$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 0.684$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 3.420m$

Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42m$; Kombinacja: $max Mx (+0,+1,+2,+3,+K4)$

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

$$e_{i,y} = 0.5 \theta_0 \alpha_h \alpha_m l_0 = 0.5 \cdot 0.0050 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 2339.2 = 5.8 \text{ mm}$$

Dodatkowy moment zginający: $M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.006 \cdot 2182.730 = 12.8 \text{ kNm}$

Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} + M_{Ed,y,ei} = 64.8 + 12.8 = 77.6 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.472 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.920)}} = 15.3 > 11.6 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$- A = \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22 \cdot 0.000} = 0.714,$$

$$- B = \sqrt{(1 + 2\omega)} = \sqrt{(1 + 20.583)} = 1.472,$$

$$- C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700.$$

Smukłość elementu mniejsza niż smukłość graniczna wg 5.8.3.1(1) - pominięto efekty drugiego rzędu.

Zbrojenie główne (60.8 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.42\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1, +2, +3, +K4,)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 69.4\text{cm}$, $a_1 = 0.0\text{cm}$, $d = 69.4\text{cm}$

Nośność przy ścisnaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -3589.8 \text{ kN} < -2182.7 \text{ kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 1257.0 \text{ kN} > -2182.7 \text{ kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 449.9 \text{ kNm} > 77.6 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

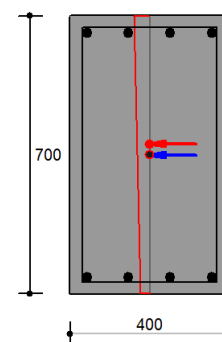
Odształcenia:

$$\epsilon_{s1} = 0.00063 > -0.0100$$

$$\epsilon_{cu} = 0.00102 < 0.0035$$

$$\epsilon_c = 0.00084 < 0.0020$$

$x/L=1.000$ (max M_x)



Ścinanie (25.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max T_y (+0, +1, +K2, +3, +4,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.552(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 1.71] \cdot 400 \cdot 657.5 \cdot 1e - 3 = 67.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp}) b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.171) 0.400 \cdot 0.657 = 129.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 129.3 \text{ kN} > 33.1 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.552$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 65.8}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.552^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwiczone na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ścisnienie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5v_b w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.571 \cdot 40.0 \cdot 65.8 \cdot 0.86 = 643.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 129.3 \text{ kN} > 33.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 643.8 \text{ kN} > 33.1 \text{ kN}$$

Ugięcia (0.3 %)

Przekrój: $x/L=0.620$, $L=2.12\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0, 1, S2, 3, S4,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: Wspornik - utw. na początku elementu

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1+2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_{\infty} = E_{c,eff}J_I$ lub $B_0 = E_{cm}J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_{\infty} = \frac{E_{c,eff}J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_{II}}{J_I} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 0.0 \text{ mm} < 17.1 \text{ mm} = a_{lim}$.

4.3.4 Wymiarowanie belki B1

Pręt nr 21 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 11 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 26 ($x=10.200\text{m}$, $y=10.320\text{m}$); 27 ($x=15.000\text{m}$, $y=10.320\text{m}$)

Profil: S_40x60 (C12/15)

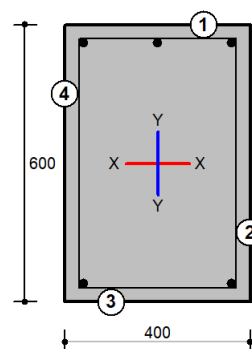
Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - $3\phi 20$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=4.80\text{m}$; $l_{bd1}=1.23\text{m}$; $l_{bd2}=1.23\text{m}$

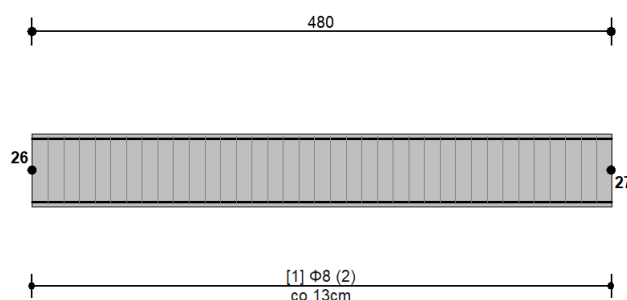
Krawędź 3 - $2\phi 20$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=4.80\text{m}$; $l_{bd1}=1.23\text{m}$; $l_{bd2}=1.23\text{m}$

Strzemiona (34GS (B))

Odcinek 1 od $x1/L=0.00$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) $2\phi 8$ (X-X) $2\phi 6$ co 13cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 171%

Zbrojenie główne: 90 %

Ścinanie: 171 %

Zbrojenie główne (ściananie): 96 %

Rysy prostopadłe: 79 %

Ugięcia: 12 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %
 Zakotwienie zbrojenia: 0 %
 Rozstaw strzemion: 0 %
 Zbrojenie min. strzemionami: 0 %
 Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	67.7 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	171.0 %
2	0.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	78.7 %
3	0.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	67.7 %
4	0.000	min Ty	Ścinanie	81.9 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Ścinanie	171.0 %
7	0.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	78.7 %
8	0.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	78.7 %
9	0.000	max Ty	Ścinanie	171.0 %
10	0.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	67.7 %
11	0.000	min N	Ścinanie	81.9 %
12	0.000	max Mx	Ścinanie	81.9 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Ścinanie	114.5 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Ścinanie	92.5 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ścinanie	114.5 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Ścinanie	114.5 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Ścinanie	92.5 %
25	0.167	max Mx	Ścinanie	92.5 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Ścinanie	56.1 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

30	0.333	min Ty	Ścinanie	51.6 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Ścinanie	58.0 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Ścinanie	58.0 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Ścinanie	51.6 %
38	0.333	max Mx	Ścinanie	56.7 %
39	0.500	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	48.2 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	29.3 %
41	0.500	max N_SGU	Rysy prostopadłe	57.5 %
42	0.500	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	57.5 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	28.9 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	59.7 %
46	0.500	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	57.5 %
47	0.500	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	48.2 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	59.7 %
49	0.500	min N_SGU	Rysy prostopadłe	48.2 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	28.9 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	59.2 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Ścinanie	56.6 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Ścinanie	56.4 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne (ścinanie)	56.3 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Ścinanie	52.8 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Ścinanie	56.6 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne (ścinanie)	56.3 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Ścinanie	112.9 %

67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Ścinanie	112.9 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Ścinanie	111.6 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	93.8 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Ścinanie	96.8 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	93.8 %
78	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	74.0 %
79	1.000	min Mx	Ścinanie	169.4 %
80	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	74.0 %
81	1.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	63.4 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	169.4 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Ścinanie	168.2 %
85	1.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	63.4 %
86	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	74.0 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	82.4 %
88	1.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	63.4 %
89	1.000	min N	Ścinanie	84.5 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	82.4 %
91	0.490	max v	Ugięcia	12.0 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=4.80m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,-3,+4,)$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{6.4}{43.5} = 0.0cm^2 < 15.7cm^2$$

$$A_{s,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 24.0 = 4.8cm^2 < 15.7cm^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{f_{ct,eff}} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.404 \cdot 0.8 \cdot 0.16 \cdot 1200.0}{24.0} = 2.6cm^2 < 6.3cm^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 \frac{h}{f_{ct,eff}}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{40.0}{40.0} \cdot 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.404$$

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto wg Rysunku 5.7
 Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty
 Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 4.800m$

Zbrojenie główne (90.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $max\ Ty (+0,+1,+2,+3)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 18.5cm$, $a_1 = 3.8cm$, $d = 55.8cm$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -1755.8kN < 4.2kN = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 86.5kN > 4.2kN = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 216.0kNm > 195.1kNm = M_{Sd}$$

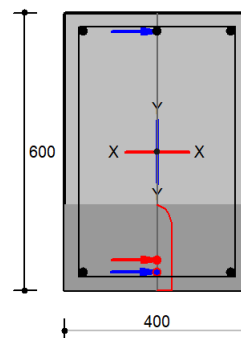
Odształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00208 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00103 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00039 < 0.0020$$

$x/L=0.000$ (max Ty)



Zbrojenie główne (ściananie) (95.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=4.80m$; Kombinacja: $max\ N (+0,+1,+2,+3)$

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 4.2kN$, $M_{Ed} = 185.7kNm$, $V_{Ed} = 229.0kN$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5V_{Ed} \cot\theta = 0.5 \cdot 229.0 \cdot 1.000 = 114.5kN$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym: $F_{td} = \varepsilon_{s1} A_{s1} E_s = 0.00198 \cdot 9.42 \cdot 20000.0 = 372.7kN$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 392.3kN$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 392.3kN < 409.8kN = A_{s1} f_{yd} = 9.42 \cdot 43.5$

Ściananie (171.0 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $max\ Ty (+0,+1,+2,+3)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 1.000$

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ściananie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.598(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.02] \cdot 400 \cdot 560.0 \cdot 1e - 3 = 0.6kN$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.245 + 0.150 \cdot 0.002) 0.400 \cdot 0.560 = 55.4kN$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 55.4kN < 232.9kN = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.598$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 56.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.598^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.245$$

W A_{s1} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd1} \cot\theta = \frac{1.01}{13.0} 49.4 \cdot 35.7 \cdot 1.000 = 136.2kN$$

gdzie przyjęto:

$$- A_{sw} = \min\left(A_{sw}, \frac{0.5\alpha_{cc} v f_{cd} b_w s}{f_{ywd}}\right) = \min(100.53, 357.05) = 1.01cm^2$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściananie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1.000 \cdot 40.0 \cdot 49.4 \cdot 0.571 \cdot 0.86}{\cot 45.0 + \tan 45.0} = 483.7kN$$

gdzie przyjęto:

$$- v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,s} = 136.2kN < 232.9kN$$

$$V_{Rd,max} = 483.7 \text{ kN} > 232.9 \text{ kN}$$

Rysy prostopadłe (78.7 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min Mx_SGU (0,1,S2,3,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c N_{Sd}} \frac{1}{1} = \frac{1.6}{40.9302/0.0238 + 1/0.2400} \frac{1}{2.7} = 0.345$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{20.0}{0.0265} = 230.1 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

- $k_1 = 0.8$ (pręty żebrowane), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),
- efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s/A_{c,eff} = 9.4/355.2 = 0.0265$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{234.1 - 0.4 \frac{1.6}{0.0265} (1 + 7.41 \cdot 0.0265)}{200000.0} = 0.001026$$

gdzie przyjęto:

- $k_t = 0.4$ (obc. długotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 230.1 \cdot 0.001026 = 0.24 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

Ugięcia (12.0 %)

Przekrój: $x/L=0.490$, $L=2.35\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0,1,S2,3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

Efektywny moduł sprężystości betonu: $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_{II}}{J_I} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 2.9 \text{ mm} < 24.0 \text{ mm} = a_{lim.}$

Pręt nr 35 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 35 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 29 ($x=0.000\text{m}$, $y=10.320\text{m}$); 28 ($x=4.200\text{m}$, $y=10.320\text{m}$)

Profil: S_40x70 (C12/15)

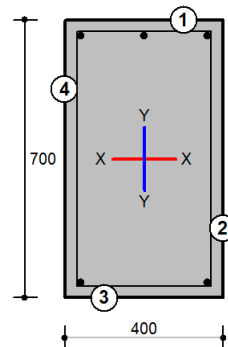
Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 3 ϕ 20; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=4.20\text{m}$; lbd1=1.23m; lbd2=7.23m

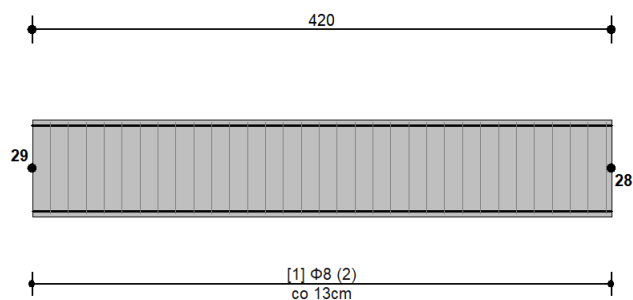
Krawędź 3 - 2 ϕ 20; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=4.20\text{m}$; lbd1=1.23m; lbd2=7.23m

Strzemiona (34GS (B))

Odcinek 1 od $x1/L=0.00$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) 2 ϕ 8 (X-X) 2 ϕ 6 co 13cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 134%

- Zbrojenie główne: 65 %
- Ścinanie: 134 %
- Zbrojenie główne (ścinanie): 69 %
- Rysy prostopadłe: 56 %
- Ugięcia: 6 %
- Zbrojenie minimalne: 0 %
- Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %
- Zakotwienie zbrojenia: 0 %
- Rozstaw strzemion: 0 %
- Zbrojenie min. strzemionami: 0 %
- Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	46.6 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	133.8 %
2	0.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	56.4 %
3	0.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	46.6 %
4	0.000	min Ty	Ścinanie	63.7 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Ścinanie	133.8 %
7	0.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	56.4 %
8	0.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	56.4 %
9	0.000	max Ty	Ścinanie	133.8 %
10	0.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	46.6 %
11	0.000	min N	Ścinanie	63.7 %
12	0.000	max Mx	Ścinanie	63.7 %

13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Ścinanie	92.0 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Ścinanie	80.2 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ścinanie	92.0 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Ścinanie	92.0 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Ścinanie	80.2 %
25	0.167	max Mx	Ścinanie	80.2 %
26	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
27	0.333	min Mx	Ścinanie	53.9 %
28	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
29	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	min Ty	Ścinanie	47.4 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Ścinanie	50.2 %
33	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
35	0.333	max Ty	Ścinanie	50.2 %
36	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
37	0.333	min N	Ścinanie	47.4 %
38	0.333	max Mx	Ścinanie	48.6 %
39	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	22.4 %
41	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	21.9 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	45.5 %
46	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
47	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	45.5 %

49	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	21.9 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	44.8 %
52	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
53	0.667	min Mx	Ścinanie	40.9 %
54	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
55	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	min Ty	Ścinanie	76.3 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Ścinanie	71.5 %
59	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
60	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	max Ty	Ścinanie	35.6 %
62	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
63	0.667	min N	Ścinanie	40.9 %
64	0.667	max Mx	Ścinanie	71.5 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Ścinanie	74.5 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Ścinanie	76.9 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Ścinanie	75.2 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	80.3 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Ścinanie	74.5 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	75.2 %
78	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	31.5 %
79	1.000	min Mx	Ścinanie	118.7 %
80	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	31.5 %
81	1.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	26.1 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	118.7 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Ścinanie	117.1 %
85	1.000	max	Rysy prostopadłe	26.1 %

		Ty_SGU		
86	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	31.5 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	57.9 %
88	1.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	26.1 %
89	1.000	min N	Ścinanie	60.7 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	57.9 %
91	0.630	max v	Ugięcia	6.5 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=4.20m$; Kombinacja: min N (-0,-1,-3,+4,)

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{12.4}{43.5} = 0.0cm^2 < 15.7cm^2$$

$$A_{s,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 28.0 = 5.6cm^2 < 15.7cm^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{fct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim.}} = \frac{0.408 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{24.0} = 2.7cm^2 < 6.3cm^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1n} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{40.0}{40.0} 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.408$$

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 4.200m$

Zbrojenie główne (64.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2,+3,)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 19.8cm$, $a_1 = 3.7cm$, $d = 65.7cm$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -2373.4kN < 9.9kN = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 309.9kN > 9.9kN = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 255.0kNm > 165.4kNm = M_{Sd}$$

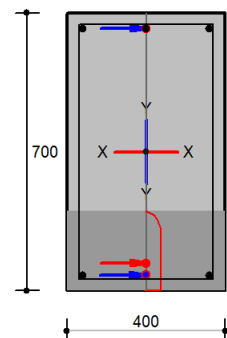
Odształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00149 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00064 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00033 < 0.0020$$

$x/L=0.000$ (max Ty)



Zbrojenie główne (ściananie) (68.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=4.20m$; Kombinacja: max N (+0,+1,+2,+3,)

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 9.9kN$, $M_{Ed} = 108.0kNm$, $V_{Ed} = 190.5kN$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5V_{Ed} \cot \theta = 0.5 \cdot 190.5 \cdot 1.000 = 95.3kN$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym: $F_{td} = \varepsilon_{s1} A_{s1} E_s = 0.00100 \cdot 9.42 \cdot 20000.0 = 187.9kN$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 281.6kN$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 281.6kN < 409.8kN = A_{s1} f_{yd} = 9.42 \cdot 43.5$

Ścinanie (133.8 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max Ty (+0,+1,+2,+3,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 1.000$

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.550(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.04] \cdot 400 \cdot 660.0 \cdot 1e - 3 = 1.4kN$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp}) b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.004) 0.400 \cdot 0.660 = 63.2kN$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 63.2kN < 217.8kN = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.550$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{sL}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 66.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.550^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd1} \cot\theta = \frac{1.01}{13.0} 59.0 \cdot 35.7 \cdot 1.000 = 162.7kN$$

gdzie przyjęto:

$$- A_{sw} = \min\left(A_{sw}, \frac{0.5\alpha_{cc} v f_{cd} b_w s}{f_{ywd}}\right) = \min(100.53, 357.05) = 1.01cm^2$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1.000 \cdot 40.0 \cdot 59.0 \cdot 0.571 \cdot 0.86}{\cot 45.0 + \tan 45.0} = 578.0kN$$

gdzie przyjęto:

$$- v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,s} = 162.7kN < 217.8kN$$

$$V_{Rd,max} = 578.0kN > 217.8kN$$

Rysy prostopadłe (56.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min Mx_SGU (0,1,S2,3,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c N_{Sd}} \frac{1}{15.7825/0.0324 + 1/0.2800} \frac{1.6}{6.0} = 0.547$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{20.0}{0.0255} = 235.3mm$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 9.4/369.6 = 0.0255$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{173.6 - 0.4 \frac{1.6}{0.0255} (1 + 7.41 \cdot 0.0255)}{200000.0} = 0.000719$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.4 \text{ (obc. długotrwałe)},$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 235.3 \cdot 0.000719 = 0.17 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}.$$

Ugięcia (6.5 %)

Przekrój: $x/L=0.630$, $L=2.65m$; Kombinacja: $\max v (0,1,S2,3,S4,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

Efektywny moduł sprężystości betonu: $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0MPa$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 \left(1 - \frac{J_I}{J_{II}}\right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 1.4 \text{ mm} < 21.0 \text{ mm} = a_{lim}$.

Pręt nr 36 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 36 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 28 ($x=4.200\text{m}$, $y=10.320\text{m}$); 26 ($x=10.200\text{m}$, $y=10.320\text{m}$)

Profil: S_40x70 (C12/15)

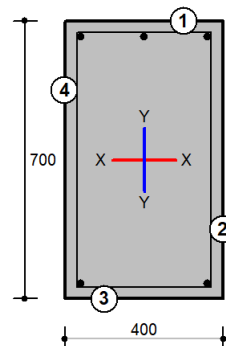
Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - $3\phi 20$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=6.00\text{m}$; $l_{bd1}=5.43\text{m}$; $l_{bd2}=1.23\text{m}$

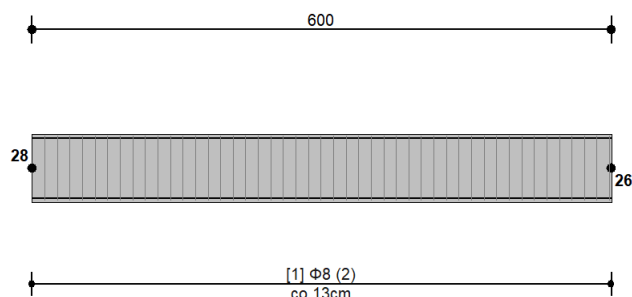
Krawędź 3 - $2\phi 20$; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=6.00\text{m}$; $l_{bd1}=5.43\text{m}$; $l_{bd2}=1.23\text{m}$

Strzemiona (34GS (B))

Odcinek 1 od $x1/L=0.00$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) $2\phi 8$ (X-X) $2\phi 6$ co 13cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 169%

Zbrojenie główne: 112 %

Ścinanie: 169 %

Zbrojenie główne (ściananie): 113 %

Rysy prostopadłe: 102 %

Ugięcia: 19 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyłączenie
0	0.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	86.9 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	167.3 %
2	0.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	100.6 %
3	0.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	86.9 %
4	0.000	min Ty	Ścinanie	81.3 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Ścinanie	167.3 %
7	0.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	100.6 %
8	0.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	100.6 %
9	0.000	max Ty	Ścinanie	167.3 %
10	0.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	86.9 %
11	0.000	min N	Ścinanie	81.3 %
12	0.000	max Mx	Ścinanie	81.3 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Ścinanie	111.4 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Ścinanie	53.6 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ścinanie	111.4 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Ścinanie	111.4 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Ścinanie	53.6 %
25	0.167	max Mx	Ścinanie	53.6 %
26	0.333	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	52.7 %
27	0.333	min Mx	Ścinanie	63.1 %
28	0.333	max N_SGU	Rysy prostopadłe	66.8 %
29	0.333	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	66.8 %
30	0.333	min Ty	Ścinanie	60.1 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Zbrojenie główne (ścinanie)	87.2 %
33	0.333	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	66.8 %
34	0.333	min	Rysy prostopadłe	52.7 %

		Mx_SGU		
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne (ściananie)	87.2 %
36	0.333	min N_SGU	Rysy prostopadłe	52.7 %
37	0.333	min N	Ściananie	60.1 %
38	0.333	max Mx	Zbrojenie główne (ściananie)	86.3 %
39	0.500	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	101.8 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	44.6 %
41	0.500	max N_SGU	Rysy prostopadłe	101.8 %
42	0.500	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	101.8 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	81.4 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	93.7 %
46	0.500	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	87.1 %
47	0.500	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	87.1 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	45.7 %
49	0.500	min N_SGU	Rysy prostopadłe	87.1 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	44.6 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	93.7 %
52	0.667	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	66.2 %
53	0.667	min Mx	Ściananie	68.3 %
54	0.667	max N_SGU	Rysy prostopadłe	66.2 %
55	0.667	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	66.2 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne (ściananie)	84.5 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne (ściananie)	86.9 %
59	0.667	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	52.2 %
60	0.667	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	52.2 %
61	0.667	max Ty	Ściananie	63.6 %
62	0.667	min N_SGU	Rysy prostopadłe	52.2 %
63	0.667	min N	Ściananie	68.3 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne (ściananie)	86.9 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Ściananie	112.9 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Ściananie	112.9 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %

71	0.833	max N	Ścinanie	111.9 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	55.5 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Ścinanie	57.1 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	55.5 %
78	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	101.5 %
79	1.000	min Mx	Ścinanie	168.8 %
80	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	101.5 %
81	1.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	87.6 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	168.8 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Ścinanie	167.8 %
85	1.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	87.6 %
86	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	101.5 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	83.1 %
88	1.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	87.6 %
89	1.000	min N	Ścinanie	84.8 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	83.1 %
91	0.490	max v	Ugięcia	19.2 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,-3,+4,)$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.10 \frac{3.0}{43.5} = 0.0cm^2 < 15.7cm^2$$

$$A_{s,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 28.0 = 5.6cm^2 < 15.7cm^2$$

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_f k_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.415 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{24.0} = 2.8cm^2 < 6.3cm^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1R} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{40.0}{40.0} \cdot 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.415$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 6.000m$

Zbrojenie główne (112.4 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.00m$; Kombinacja: $min Ty (-0,-1,+2,+3,+K4,)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 5.9\text{cm}$, $a_1 = 3.7\text{cm}$, $d = 65.7\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -1837.7\text{kN} < 10.4\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = -101.7\text{kN} < 10.4\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

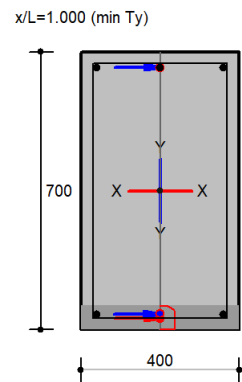
$$M_{Rd} = 254.8\text{kNm} < 286.4\text{kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.05853 < -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00578 > 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.02334 < 0.0020$$



Zbrojenie główne (ściananie) (113.2 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.00\text{m}$; Kombinacja: $\max N (+0, +1, +2, +3,)$

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 18.2\text{kN}$, $M_{Ed} = 281.1\text{kNm}$, $V_{Ed} = 292.1\text{kN}$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} \cot\theta = 0.5 \cdot 292.1 \cdot 1.000 = 146.1\text{kN}$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = \left[f_{yd} + (f_{td} - f_{yd}) \frac{\varepsilon_{s1} - \varepsilon_{yd}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{yd}} \right] A_{s1}$$

$$F_{td} = \left[43.5 + (47.8 - 43.5) \frac{0.05355 - 0.00217}{0.04500 - 0.00217} \right] 9.42 = 458.9\text{kN}$$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 463.7\text{kN}$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 463.7\text{kN} > 409.8\text{kN} = A_{s1} f_{yd} = 9.42 \cdot 43.5$

Ściananie (168.8 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.00\text{m}$; Kombinacja: $\min T_y (-0, -1, +2, +3, +K4,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 1.000$

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ściananie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = \left[0.18 / \gamma_c k (100 \rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.18 / 1.4 \cdot 1.550 (100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.04 \right] \cdot 400 \cdot 660.0 \cdot 1e - 3 = 1.5\text{kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.004) 0.400 \cdot 0.660 = 63.3\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 63.3\text{kN} < 293.9\text{kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.550$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 66.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.550^{3/2} 12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwiczone na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd1} \cot\theta = \frac{1.01}{13.0} 63.2 \cdot 35.7 \cdot 1.000 = 174.1\text{kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- A_{sw} = \min\left(A_{sw}, \frac{0.5 \alpha_{cc} v f_{cd} b_w s}{f_{ywd}}\right) = \min(100.53, 357.05) = 1.01\text{cm}^2$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1.000 \cdot 40.0 \cdot 63.2 \cdot 0.571 \cdot 0.86}{\cot 45.0 + \tan 45.0} = 618.4\text{kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,s} = 174.1\text{kN} < 293.9\text{kN}$$

$$V_{Rd,max} = 618.4\text{kN} > 293.9\text{kN}$$

Rysy prostopadłe (101.8 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=3.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx_SGU (0, 1, S2, 3,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{1.6}{8.1139/0.0324 + 1/0.2800} \frac{1}{11.0} = 0.571$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{20.0}{0.0170} = 302.0 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

- $k_1 = 0.8$ (pręty żebrowane), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),
- efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s/A_{c,eff} = 6.3/369.6 = 0.0170$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{244.6 - 0.4 \frac{1.6}{0.0170} (1 + 7.41 \cdot 0.0170)}{200000.0} = 0.001011$$

gdzie przyjęto:

- $k_t = 0.4$ (obc. długotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 302.0 \cdot 0.001011 = 0.31 \text{ mm} > 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

Ugięcia (19.2 %)

Przekrój: $x/L=0.490$, $L=2.94\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0, 1, S2, 3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} I_I$ lub $B_0 = E_{cm} I_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} I_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{I_I}{I_{II}} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 5.8 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm} = a_{lim.}$

Pręt nr 37 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 37 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 27 ($x=15.000\text{m}$, $y=10.320\text{m}$); 30 ($x=21.000\text{m}$, $y=10.320\text{m}$)

Profil: S_40x70 (C12/15)

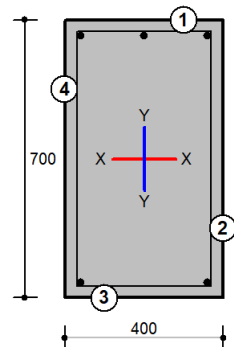
Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 3 ϕ 20; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=6.00\text{m}$; $l_{bd1}=1.23\text{m}$; $l_{bd2}=4.23\text{m}$

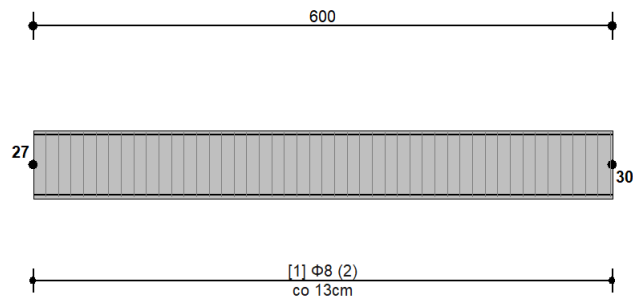
Krawędź 3 - 2 ϕ 20; od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=6.00\text{m}$; $l_{bd1}=1.23\text{m}$; $l_{bd2}=4.23\text{m}$

Strzemiona (34GS (B))

Odcinek 1 od $x1/L=0.00$ do $x2/L=1.00$: (Y-Y) 2 ϕ 8 (X-X) 2 ϕ 6 co 13cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 169%

Zbrojenie główne: 114 %
 Ścinanie: 169 %
 Zbrojenie główne (ścinanie): 115 %
 Rysy prostopadłe: 105 %
 Ugięcia: 20 %
 Zbrojenie minimalne: 0 %
 Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %
 Zakotwienie zbrojenia: 0 %
 Rozstaw strzemion: 0 %
 Zbrojenie min. strzemionami: 0 %
 Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	90.0 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	169.5 %
2	0.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	104.2 %
3	0.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	90.0 %
4	0.000	min Ty	Ścinanie	82.2 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Ścinanie	169.5 %
7	0.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	104.2 %
8	0.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	104.2 %
9	0.000	max Ty	Ścinanie	169.5 %
10	0.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	90.0 %
11	0.000	min N	Ścinanie	82.2 %

12	0.000	max Mx	Ścinanie	82.2 %
13	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
14	0.167	min Mx	Ścinanie	113.7 %
15	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
16	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	min Ty	Ścinanie	54.6 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ścinanie	113.7 %
20	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
21	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	max Ty	Ścinanie	113.7 %
23	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
24	0.167	min N	Ścinanie	54.6 %
25	0.167	max Mx	Ścinanie	54.6 %
26	0.333	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	52.8 %
27	0.333	min Mx	Ścinanie	65.7 %
28	0.333	max N_SGU	Rysy prostopadłe	66.7 %
29	0.333	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	66.7 %
30	0.333	min Ty	Ścinanie	62.1 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Zbrojenie główne (ścinanie)	87.9 %
33	0.333	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	66.7 %
34	0.333	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	52.8 %
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne (ścinanie)	87.9 %
36	0.333	min N_SGU	Rysy prostopadłe	52.8 %
37	0.333	min N	Ścinanie	62.1 %
38	0.333	max Mx	Zbrojenie główne (ścinanie)	88.0 %
39	0.500	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	89.8 %
40	0.500	min Mx	Zbrojenie główne	46.9 %
41	0.500	max N_SGU	Rysy prostopadłe	104.8 %
42	0.500	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	104.8 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	46.5 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	96.0 %
46	0.500	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	104.8 %
47	0.500	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	89.8 %

48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	96.0 %
49	0.500	min N_SGU	Rysy prostopadłe	89.8 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	46.5 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	95.5 %
52	0.667	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	72.4 %
53	0.667	min Mx	Ścinanie	65.6 %
54	0.667	max N_SGU	Rysy prostopadłe	72.4 %
55	0.667	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	72.4 %
56	0.667	min Ty	Zbrojenie główne (ścinanie)	89.5 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Zbrojenie główne (ścinanie)	90.9 %
59	0.667	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	59.4 %
60	0.667	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	59.4 %
61	0.667	max Ty	Ścinanie	60.8 %
62	0.667	min N_SGU	Rysy prostopadłe	59.4 %
63	0.667	min N	Ścinanie	65.6 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne (ścinanie)	90.9 %
65	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
66	0.833	min Mx	Ścinanie	110.5 %
67	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
68	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	min Ty	Ścinanie	110.5 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Ścinanie	109.4 %
72	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
73	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	54.2 %
75	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
76	0.833	min N	Ścinanie	56.1 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	54.2 %
78	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	95.4 %
79	1.000	min Mx	Ścinanie	166.3 %
80	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	95.4 %
81	1.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	82.4 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	166.3 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Ścinanie	165.2 %

85	1.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	82.4 %
86	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	95.4 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	81.9 %
88	1.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	82.4 %
89	1.000	min N	Ścinanie	83.7 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	81.9 %
91	0.490	max v	Ugięcia	19.8 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_f f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim.}} = \frac{0.416 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{24.0} = 2.8 \text{ cm}^2 < 6.3 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 \frac{h}{h} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{40.0}{40.0} 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.416$$

Długość wybozeniowa

Współczynniki długości wybozeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 6.000 \text{ m}$

Zbrojenie główne (113.9 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00 \text{ m}$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2,+3,)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 5.7 \text{ cm}$, $a_1 = 3.7 \text{ cm}$, $d = 65.7 \text{ cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -1833.3 \text{ kN} < 19.4 \text{ kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = -104.4 \text{ kN} < 19.4 \text{ kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 252.1 \text{ kNm} < 287.3 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

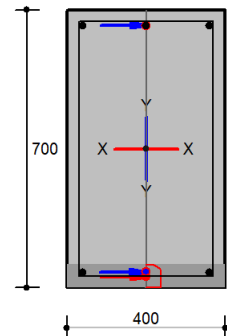
Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.06455 < -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00615 > 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.02587 < 0.0020$$

$x/L=0.000$ (max Ty)



Zbrojenie główne (ściananie) (114.6 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=6.00 \text{ m}$; Kombinacja: max N (+0,+1,+2,+3,)

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 19.4 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 265.2 \text{ kNm}$, $V_{Ed} = 288.0 \text{ kN}$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} \cot \theta = 0.5 \cdot 288.0 \cdot 1.000 = 144.0 \text{ kN}$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = \left[f_{yd} + (f_{td} - f_{yd}) \frac{|\varepsilon_{s1} - \varepsilon_{yd}|}{|\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{yd}|} \right] A_{s1}$$

$$F_{td} = \left[43.5 + (47.8 - 43.5) \frac{0.02850 - 0.00217}{0.04500 - 0.00217} \right] 9.42 = 435.0 \text{ kN}$$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 469.5 \text{ kN}$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 469.5 \text{ kN} > 409.8 \text{ kN} = A_{s1} f_{yd} = 9.42 \cdot 43.5$

Ścinanie (169.5 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00 \text{ m}$; Kombinacja: max Ty (+0,+1,+2,+3,)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 1.000$

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}]b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.550(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.07] \cdot 400 \cdot 660.0 \cdot 1e - 3 = 2.7kN$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp})b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.007)0.400 \cdot 0.660 = 64.5kN$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 64.5kN < 295.4kN = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.550$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{sL}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 66.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.550^{3/2}12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd1} \cot\theta = \frac{1.01}{13.0} 63.2 \cdot 35.7 \cdot 1.000 = 174.3kN$$

gdzie przyjęto:

$$- A_{sw} = \min\left(A_{sw}, \frac{0.5\alpha_{cc}v f_{cd} b_w s}{f_{ywd}}\right) = \min(100.53, 357.05) = 1.01cm^2$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1.000 \cdot 40.0 \cdot 63.2 \cdot 0.571 \cdot 0.86}{\cot 45.0 + \tan 45.0} = 619.0kN$$

gdzie przyjęto:

$$- v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,s} = 174.3kN < 295.4kN$$

$$V_{Rd,max} = 619.0kN > 295.4kN$$

Rysy prostopadłe (104.8 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=3.00m$; Kombinacja: $\max Ty_SGU (0,1,S2,3)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c N_{sd}} \frac{1}{1} = \frac{1.6}{7.5593/0.0324 + 1/0.2800} \frac{1}{12.1} = 0.558$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{20.0}{0.0170} = 302.0mm$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 6.3/369.6 = 0.0170$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{250.6 - 0.4 \frac{1.6}{0.0170} (1 + 7.41 \cdot 0.0170)}{200000.0} = 0.001041$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.4 \text{ (obc. długotrwałe)},$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 302.0 \cdot 0.001041 = 0.31 \text{ mm} > 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}$$

Ugięcia (19.8 %)

Przekrój: $x/L=0.490$, $L=2.94m$; Kombinacja: $\max v (0,1,S2,3)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

Efektywny moduł sprężystości betonu: $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0MPa$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} I$ lub $B_0 = E_{cm} I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 \left(1 - \frac{I_I}{I_{II}}\right)}$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 5.9 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm} = a_{lim}$.

Pręt nr 38 - Element żelbetowy [PN-EN 1992-1-1]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 38 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 30 (x=21.000m, y=10.320m); 31 (x=24.000m, y=10.320m)

Profil: S_40x70 (C12/15)

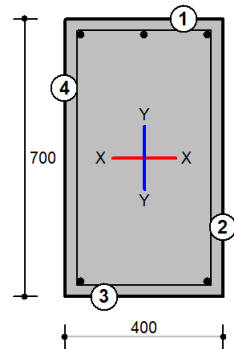
Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 3 ϕ 20; od L1=0.00m do L2=3.00m; lbd1=7.23m; lbd2=1.23m

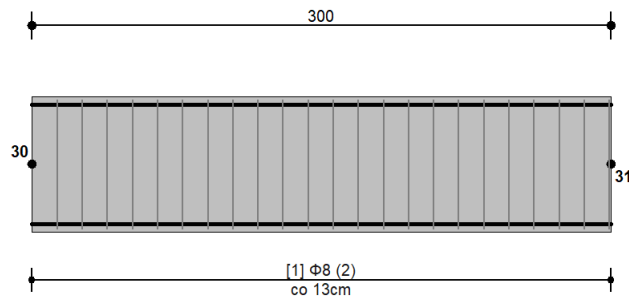
Krawędź 3 - 2 ϕ 20; od L1=0.00m do L2=3.00m; lbd1=7.23m; lbd2=1.23m

Strzemiona (34GS (B))

Odcinek 1 od x1/L=0.00 do x2/L=1.00: (Y-Y) 2 ϕ 8 (X-X) 2 ϕ 6 co 13cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 110%

Zbrojenie główne: 50 %

Ścinanie: 110 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 53 %

Rysy prostopadłe: 37 %

Ugięcia: 7 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyłączenie
0	0.000	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
1	0.000	min Mx	Ścinanie	70.7 %
2	0.000	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
3	0.000	max v	Ugięcia	7.0 %
4	0.000	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
5	0.000	min Ty	Ścinanie	58.9 %
6	0.000	---	Smukłość	0.0 %
7	0.000	max N	Ścinanie	70.7 %
8	0.000	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
9	0.000	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
10	0.000	max Ty	Ścinanie	70.7 %
11	0.000	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
12	0.000	min N	Ścinanie	58.9 %
13	0.000	max Mx	Ścinanie	58.9 %
14	0.167	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
15	0.167	min Mx	Ścinanie	43.0 %
16	0.167	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
17	0.167	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
18	0.167	min Ty	Ścinanie	35.2 %
19	0.167	---	Smukłość	0.0 %
20	0.167	max N	Ścinanie	88.1 %
21	0.167	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
22	0.167	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
23	0.167	max Ty	Ścinanie	88.1 %
24	0.167	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
25	0.167	min N	Ścinanie	35.2 %
26	0.167	max Mx	Ścinanie	70.7 %
27	0.333	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
28	0.333	min Mx	Zbrojenie główne	11.0 %
29	0.333	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
30	0.333	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
31	0.333	min Ty	Zbrojenie główne	12.4 %
32	0.333	---	Smukłość	0.0 %
33	0.333	max N	Ścinanie	23.8 %
34	0.333	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %

35	0.333	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
36	0.333	max Ty	Ścinanie	23.8 %
37	0.333	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
38	0.333	min N	Zbrojenie główne	12.4 %
39	0.333	max Mx	Zbrojenie główne	22.5 %
40	0.500	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
41	0.500	min Mx	Ścinanie	29.0 %
42	0.500	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
43	0.500	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
44	0.500	min Ty	Ścinanie	45.3 %
45	0.500	---	Smukłość	0.0 %
46	0.500	max N	Ścinanie	40.6 %
47	0.500	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
48	0.500	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
49	0.500	max Ty	Ścinanie	21.1 %
50	0.500	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
51	0.500	min N	Ścinanie	29.0 %
52	0.500	max Mx	Ścinanie	40.6 %
53	0.667	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
54	0.667	min Mx	Ścinanie	61.1 %
55	0.667	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
56	0.667	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
57	0.667	min Ty	Ścinanie	50.8 %
58	0.667	---	Smukłość	0.0 %
59	0.667	max N	Ścinanie	48.6 %
60	0.667	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
61	0.667	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
62	0.667	max Ty	Ścinanie	53.2 %
63	0.667	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
64	0.667	min N	Ścinanie	61.1 %
65	0.667	max Mx	Ścinanie	48.6 %
66	0.833	min Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
67	0.833	min Mx	Ścinanie	80.6 %
68	0.833	max N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
69	0.833	max Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
70	0.833	min Ty	Ścinanie	80.6 %

71	0.833	---	Smukłość	0.0 %
72	0.833	max N	Ścinanie	78.5 %
73	0.833	max Ty_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
74	0.833	min Mx_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
75	0.833	max Ty	Ścinanie	74.6 %
76	0.833	min N_SGU	Zbrojenie minimalne (rysy)	0.0 %
77	0.833	min N	Ścinanie	81.5 %
78	0.833	max Mx	Ścinanie	74.6 %
79	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	36.7 %
80	1.000	min Mx	Ścinanie	110.5 %
81	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	36.7 %
82	1.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	31.0 %
83	1.000	min Ty	Ścinanie	110.5 %
84	1.000	---	Smukłość	0.0 %
85	1.000	max N	Ścinanie	108.3 %
86	1.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	31.0 %
87	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	36.7 %
88	1.000	max Ty	Ścinanie	54.1 %
89	1.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	31.0 %
90	1.000	min N	Ścinanie	57.7 %
91	1.000	max Mx	Ścinanie	54.1 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{f_{ct,eff}} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.405 \cdot 0.7 \cdot 0.16 \cdot 1400.0}{24.0} = 2.7 \text{ cm}^2 < 6.3 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_{1f_{ct,eff}}} \right), 1.0 \right] = \min \left[0.4 \left(1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{40.0}{40.0} \cdot 0.16} \right), 1.0 \right] = 0.405$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Rysunku 5.7

Klasyfikacja: X-X → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty; Y-Y → Element wydzielony obustronnie przegubowo podparty

Przyjęto: $\beta_x = 1.000$ $\beta_y = 1.000$ oraz $l_{col} = 3.000 \text{ m}$

Zbrojenie główne (49.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\min Ty (-0,-1,+2,+3,+K4,)$

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 19.6\text{cm}$, $a_1 = 3.7\text{cm}$, $d = 65.7\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -2520.1\text{kN} < 5.7\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 429.4\text{kN} > 5.7\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 256.2\text{kNm} > 126.9\text{kNm} = M_{Sd}$$

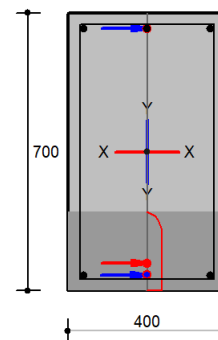
Odształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00115 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00049 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00025 < 0.0020$$

$x/L=1.000$ (min Ty)



Zbrojenie główne (ściskanie) (52.8 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.00\text{m}$; Kombinacja: $\max N (+0, +1, +2, +3,)$

Siły przekrojowe: $N_{Ed} = 5.9\text{kN}$, $M_{Ed} = 121.4\text{kNm}$, $V_{Ed} = 176.5\text{kN}$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5V_{Ed}\cot\theta = 0.5 \cdot 176.5 \cdot 1.000 = 88.3\text{kN}$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym: $F_{td} = \varepsilon_{s1}A_{s1}E_s = 0.00110 \cdot 9.42 \cdot 20000.0 = 207.6\text{kN}$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 216.4\text{kN}$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 216.4\text{kN} < 409.8\text{kN} = A_{s1}f_{yd} = 9.42 \cdot 43.5$

Ściskanie (110.5 %) - Warunek przekroczony!!!

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.00\text{m}$; Kombinacja: $\min Ty (-0, -1, +2, +3, +K4,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 1.000$

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ściskanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}]b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.550(100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 12.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.02] \cdot 400 \cdot 660.0 \cdot 1e - 3 = 0.8\text{kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp})b_w d = (0.234 + 0.150 \cdot 0.002)0.400 \cdot 0.660 = 62.6\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 62.6\text{kN} < 180.0\text{kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.550$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{0.00}{40.0 \cdot 66.0}\right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.550^{3/2}12.0^{1/2} = 0.234$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwiczone na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd1} \cot\theta = \frac{1.01}{13.0} 59.1 \cdot 35.7 \cdot 1.000 = 163.0\text{kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- A_{sw} = \min\left(A_{sw}, \frac{0.5\alpha_{cc}v f_{cd} b_w s}{f_{ywd}}\right) = \min(100.53, 357.05) = 1.01\text{cm}^2$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1.000 \cdot 40.0 \cdot 59.1 \cdot 0.571 \cdot 0.86}{\cot 45.0 + \tan 45.0} = 578.8\text{kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 12.0/250) = 0.571$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,s} = 163.0\text{kN} < 180.0\text{kN}$$

$$V_{Rd,max} = 578.8\text{kN} > 180.0\text{kN}$$

Rysy prostopadłe (36.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.00\text{m}$; Kombinacja: $\min Mx_SGU (0, 1, S2, 3, S4,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{1.6}{19.4548/0.0324 + 1/0.2800} \frac{1}{3.6} = 0.742$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{20.0}{0.0255} = 235.3 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

- $k_1 = 0.8$ (pręty żebrowane), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),
- efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s/A_{c,eff} = 9.4/369.6 = 0.0255$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{123.5 - 0.4 \frac{1.6}{0.0255} (1 + 7.41 \cdot 0.0255)}{200000.0} = 0.000468$$

gdzie przyjęto:

- $k_t = 0.4$ (obc. długotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 235.3 \cdot 0.000468 = 0.11 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

Ugięcia (7.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max v (0, 1, S2, 3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{27000.0}{1 + 2.000} = 9000.0 \text{ MPa}$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_I}{J_{II}} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 1.0 \text{ mm} < 15.0 \text{ mm} = a_{lim.}$

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych stwierdzono, że przy dodatkowym obciążeniu łącznika wynikającym z jego nadbudowy:

- **słupy zachowują swoją nośność; można je dodatkowo obciążyć;**
- **belka nie spełnia warunków nośności:**
 - **nośność na ścinanie znacznie przekroczona (171%),**
 - **nośność ze względu na moment zginający przekroczona (114%),**

5. Ocena stanu istniejącego

Wizualnie stan techniczny budynku jest dobry, brak jest widocznych śladów świadczących o nierównomiernym osiadaniu i przeciążeniu elementów konstrukcyjnych budynku, nie obserwuje się również ponadnormatywnych ugięć.

Miejscowe uszkodzenia elementów są lokalizowane i diagnozowane w ramach regularnie wykonywanych przeglądów okresowych. Na elewacji obiektu widoczne są zabrudzenia i zanieczyszczenia.

6. Podsumowanie i wnioski

Konstrukcja budynku pawilonu w szpitalu w Brzezinach nie pozwala na wykonanie jego nadbudowy o jedną kondygnację bez wzmocnienia fundamentów.

Konstrukcja budynku łącznika w szpitalu w Brzezinach nie pozwala na wykonanie jego nadbudowy bez wzmocnienia konstrukcji belek oraz zweryfikowania fundamentów.

W przypadku podjęcia decyzji o nadbudowie, projekt nadbudowy powinien uwzględniać następujące założenia:

Pawilon

- wzmocnienie łań fundamentowych np. poprzez:
 1. zwiększenie powierzchni elementów posadowienia,
 2. pogłębienie (podbijanie fundamentów),
 3. palowanie,
- wykonanie badań geologicznych,
- wykonanie odkrywek i zweryfikowanie geometrii fundamentów,

Łącznik

- wzmocnienie belek żelbetonowych podpierających stropy, poprzez:
 1. taśmy kompozytowe CFRP,
 2. zwiększenie przekroju belek,
- wzmocnienie fundamentów poprzez:
 1. zwiększenie geometrii stóp fundamentowych,
- wykonanie badań geologicznych,
- wykonanie odkrywek i zweryfikowanie geometrii fundamentów,

7. Część fotograficzna – wizja lokalna



Rysunek 16 ŁĄCZNIK OD STRONY POŁUDNIOWO WSCHODNIEJ



Rysunek 17 ŁĄCZNIK OD STRONY PÓLNOCNO ZACHODNIEJ



Rysunek 18 ŁĄCZNIK - WIDOK Z GÓRY



Rysunek 19 PAWILON nr 2 - CZĘŚĆ A I B OD STRONY PÓŁNOCNO ZACHODNIEJ