

EKSPERTYZA TECHNICZNA

w zakresie ustalenia przyczyn powstawania pęknięć

w budynku warsztatów szkolnych

Zespołu Szkół Technicznych w Płocku

Umowa nr 30/WIR.III/Z/1209/2018

Zlecniodawca:

Gmina-Miasto Płock w siedziba w Płocku

Plac Stary Rynek 1

09-402 Płock

Wykonawca pracy: dr inż. Krzysztof Kamiński

Płock, sierpień 2018

Spis treści

1. CZĘŚĆ WSTĘPNA	3
1.1. Podstawy formalne opracowania	3
1.2. Przedmiot opracowania	3
1.3. Cel i zakres opracowania.....	3
1.4. Podstawy merytoryczne opracowania	3
2.OPIS STANU TECHNICZNEGO	5
2.1. Ogólna charakterystyka obiektu	5
2.2. Opis stanu konstrukcji i istniejących uszkodzeń.....	7
2.2.1. Uszkodzenia warstw ocieplenia zewnętrznego elewacji	7
4. POMIAR UGIĘĆ BELEK STROPU NAD PARTERM W AULI.....	18
5. ANALIZA OBLICZENIOWA ELEMENTÓW KONSTRUKCJI NOŚNEJ	19
5.1. Żebra płyty stropu gęstożebrowego Porothersm 23/50.....	19
5.1.1. Założenia obliczeniowe	19
5.1.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki stropowej	21
5.2. Belki stropowe podpierające ścianę działową na I piętrze pomiędzy salami W15 i W16	22
5.2.1. Założenia obliczeniowe	22
5.2.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki	24
5.3. Podciąg stropu o przekroju 40x90cm	25
5.3.1. Założenia obliczeniowe	25
5.3.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki	28
6. ANALIZA PRZYCZYN USZKODZEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W OBIEKCIE	29
7. WNIOSKI I ZALECENIA	35

Załącznik nr 1

Tabela parametrów wytrzymałościowych stropu Porothersm 50

1. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1.1. Podstawy formalne opracowania

Podstawy formalne wykonanie pracy stanowią zlecenie umowa nr 30/WIR.III/Z/1209/2018 z dnia 01.06.2018 zawarta pomiędzy firmą Gmina Miasto Płock Plac Stary Rynek 1 i dr inż. Krzysztofem Kamińskim prowadzącym działalność gospodarczą pod nazwą Usługi Ekspertyzowo-Projektowe dr inż. Krzysztof Kamiński.

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest konstrukcja „nowej części” budynku warsztatów szkolnych ZST w Płocku w rejonie powstałych uszkodzeń.

1.3. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie przyczyn powstania pęknięć konstrukcji nośnej budynku będącego przedmiotem opracowania.

Zakres opracowania obejmuje:

- Inwentaryzację konstrukcyjno budowlaną w zakresie dla potrzeb opracowania
- Inwentaryzację uszkodzeń z dok. fotograficzna i rysunkową
- Niezbędne badania materiałowe z opracowaniem wyników
- Ocenę stanu technicznego konstrukcji
- Analizę przyczyn uszkodzeń
- określenie zakresu i warunków i technologii wykonania prac remontowych

1.4. Podstawy merytoryczne opracowania

1.4.1. Wyniki wizji lokalnych, oględzin oraz pomiarów inwentaryzacyjnych wykonanych w okresie maj-sierpień 2018 r.

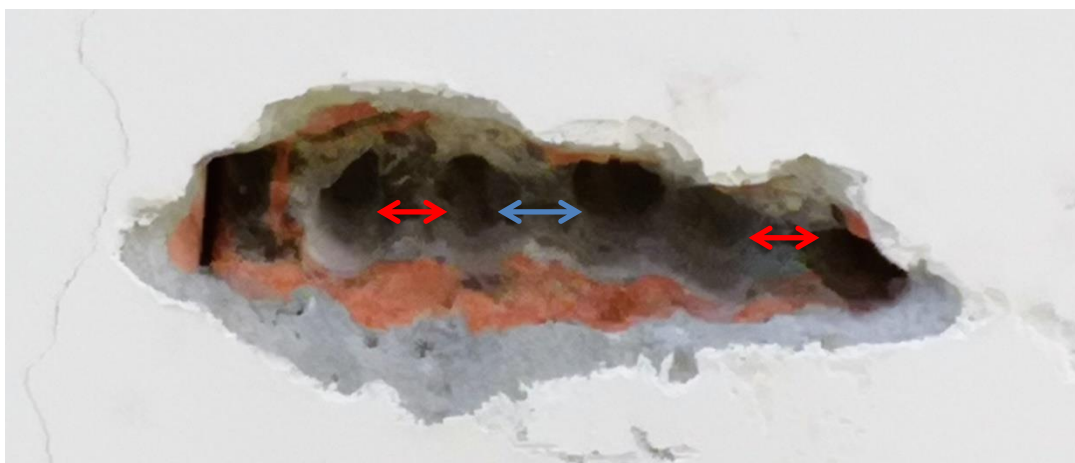
- 1.4.2. Wyniki badań nieniszczących właściwości fizycznych betonu.
- 1.4.3. Dokumenty związane ze sprawą, udostępnione przez Zleceniodawcę.
- 1.4.4. Projekt budowlany rozbudowy i modernizacji Płockiego Centrum Edukacji Zawodowej, Inwestprojekt-Zachód, Łódź 2005 roku. Branża konstrukcyjna.
- 1.4.5. Projekt budowlany rozbudowy i modernizacji Płockiego Centrum Edukacji Zawodowej, Inwestprojekt-Zachód, Łódź 2005 roku. Branża architektoniczna.
- 1.4.6. Polska Norma PN-EN 13791:2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
- 1.4.7. Brunarski L.: Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji – kwartalnik „Prace Instytutu Techniki Budowlanej”, nr 2-3/1998.
- 1.4.8. Polska norma PN-EN 206-1:2003 – Beton, Część I – Wymagania, właściwości, produkcja, zgodność.
- 1.4.9. Polska norma PN-88/B-06250 Beton zwykły.
- 1.4.10. PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone.
- 1.4.11. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Komentarz naukowy do PN-B-03264:2002, Tom I i II, ITB, Warszawa 2005.
- 1.4.12. PN-82/B-02000 „Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości”.
- 1.4.13. PN-82/B-02001 „Obciążenia budowli - Obciążenia stałe”.
- 1.4.14. PN-82/B-02003 „Obciążenia budowli - Obciążenia zmienne technologiczne - Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe”.
- 1.4.15. PN-82/B-02004 „Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Obciążenia pojazdami”.

2.OPIS STANU TECHNICZNEGO

2.1. Ogólna charakterystyka obiektu

Opis budynku będącego przedmiotem opracowania wykonano na podstawie przedstawionej dokumentacji, własnej inwentaryzacji, wykonanych odkrywek elementów konstrukcji. Budynek ma wymiary w planie 15,97x28m. Jego wysokość wynosi 9,53m. Konstrukcję budynku stanowią ściany nośne z bloczków gazobetonowych popierające stropy gęstożebrowe typu Porotherm w układzie mieszanym: w przeważającej części podłużnym, zaś od strony zachodniej i narożniku południowo-wschodnim w układzie poprzecznym. W części rozbudowanej w latach 2005-2006, objętej przedmiotem opracowania obiekt składa się z 2 kondygnacji. Stropodach niewentylowany budynku ze spadkami na zewnątrz obiektu otoczony ścianką attykowa.

Niniejsza ekspertyza obejmuje sprawdzenie nośności stropu nad parterem w pobliżu auli. Na stropie tym wymurowano ścianę działową pomiędzy salami W15 i W16, która uległa silnemu spękaniu po 12 latach eksploatacji.



Fot.1 Odkrywka zbrojenia belki B17 pod ścianą działową. Czerwone strzałki oznaczają miejsca lokalizacji 2 prętów 12 mm, zaś niebieska pręta 18 mm

Ze względu na konieczność oceny nośności stropu wykonano odkrywkę podłogi na I piętrze w Sali nr W16 (fot.2). Na jej podstawie stwierdzono, że warstwy podłogowe stanowią: 9 mm płytka gresu na kleju, 8 cm warstwa szlichty cementowej, 2 cm styropianu, folia czarna PE, strop Porotherm 29 cm oraz tynk cem.-wapienny 2 cm.



Fot.2 Odkrywka warstw stropu nad I piętrzem; widoczna 8 cm warstwa szlichty cementowej i nieprawidłowo umieszczona folia PE pod styropianem



Fot.3 Odkrywka warstw ściany działowej na I piętrze

Ściana działowa na I piętrze pomiędzy salami nr W15 i W16 została wykonana z bloczków gazobetonowych o szerokości około 12 cm i obustronnie pokryta tynkiem cementowo-wapiennym grubości 1,5 cm.

2.2. Opis stanu konstrukcji i istniejących uszkodzeń

Ogłędziny stanu technicznego konstrukcji wykonano w okresie czerwiec-sierpień 2018 roku. Przeprowadzone oględziny wykazały występowanie widocznych uszkodzeń ocieplenia elewacji i konstrukcji budynku, które podzielono na kilka grup:

- A. Uszkodzenia warstw ocieplenia zewnętrznego elewacji
- B. Zarysowanie ściany działowej pomiędzy salami W15 i W16
- C. Zarysowania ścian zewnętrznych nośnych
- D. Zarysowania podciagu podpierającego strop nad parterem w auli
- E. Zarysowania podciagu/nadproża N6 nad I piętrem
- F. Uszkodzenia płytek podłogowych

2.2.1. Uszkodzenia warstw ocieplenia zewnętrznego elewacji



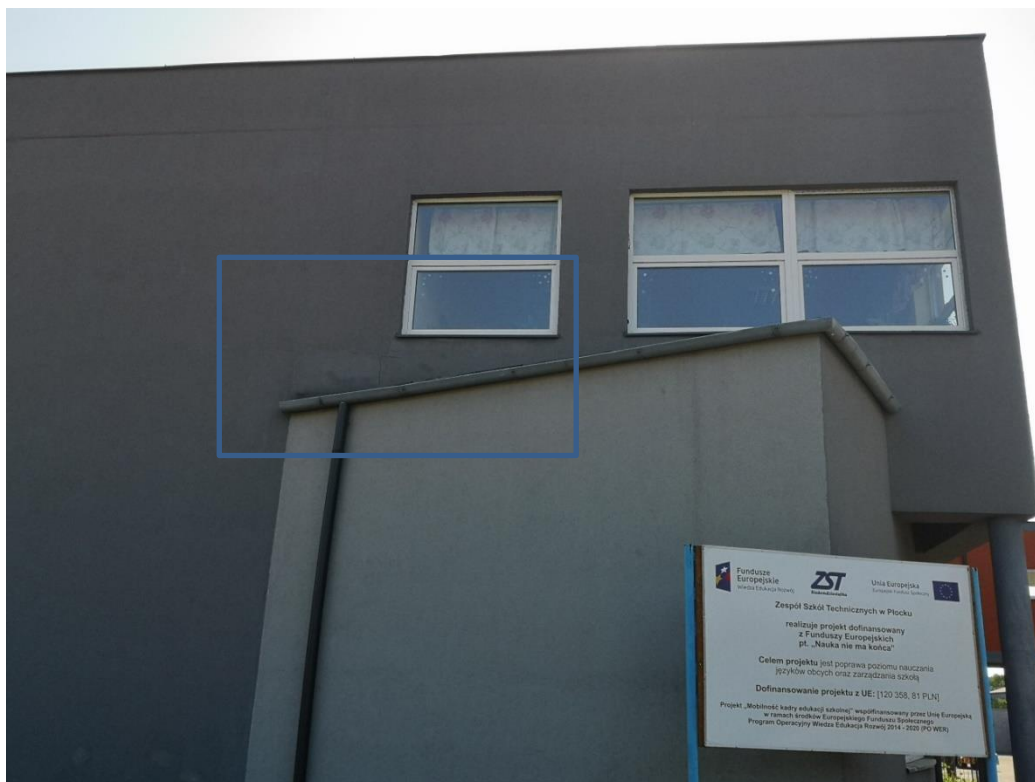
Fot.4 Widok elewacji od strony południowej. Widoczna nierówna powierzchnia ściany. Czerwoną strzałką zaznaczono miejsca potencjalnego przemieszczenia ścianki attykowej. Niebieską strzałką zaznaczono zarysowaną belkę stropu nad I piętrem przy łączniku



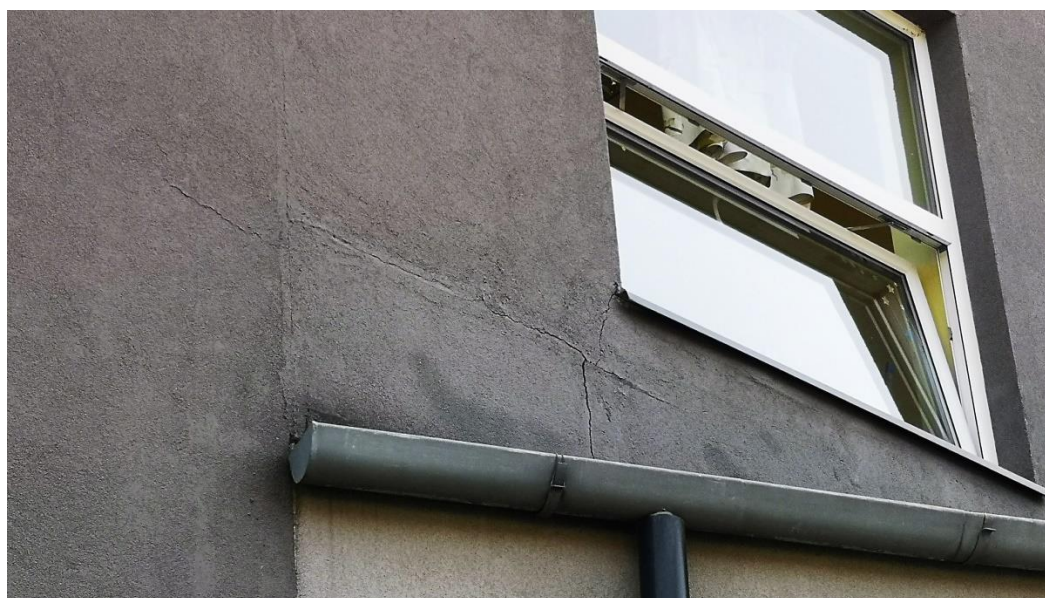
Fot.5 Widok elewacji południowej. Liczne nierówności i spękania powierzchni



Fot.6 Elewacja zachodnia – przesunięcie ścianki kolankowej o około 9-10 cm.
Które doprowadziło do ścięcia warstwy tynku mineralnego



Fot.7 Widok zarysowań elewacji zachodniej



Fot.8. Powiększenie fragmentu elewacji zachodniej. Widoczne liczne pęknięcia tynku mineralnego.



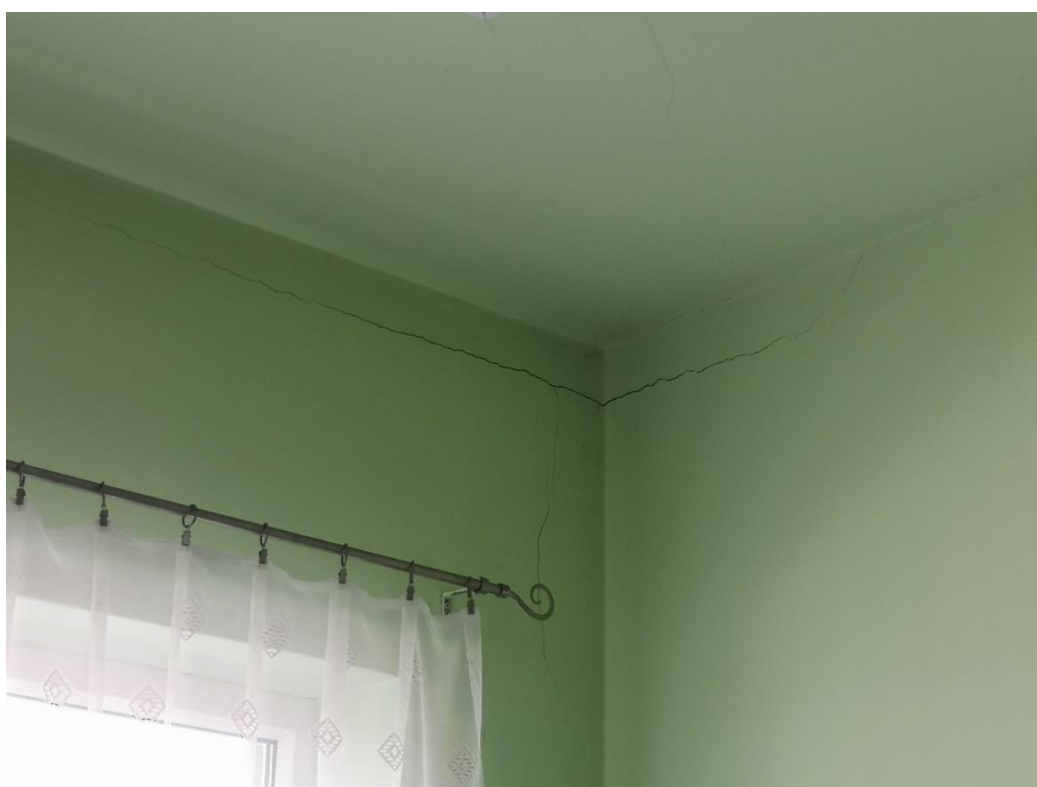
Fot.9 Pionowe pęknięcie tynku mineralnego na elewacji północnej



Fot.10 Pionowe pęknięcia tynku mineralnego na elewacji północnej.
Czerwoną strzałką oznaczono rysę naprawianą



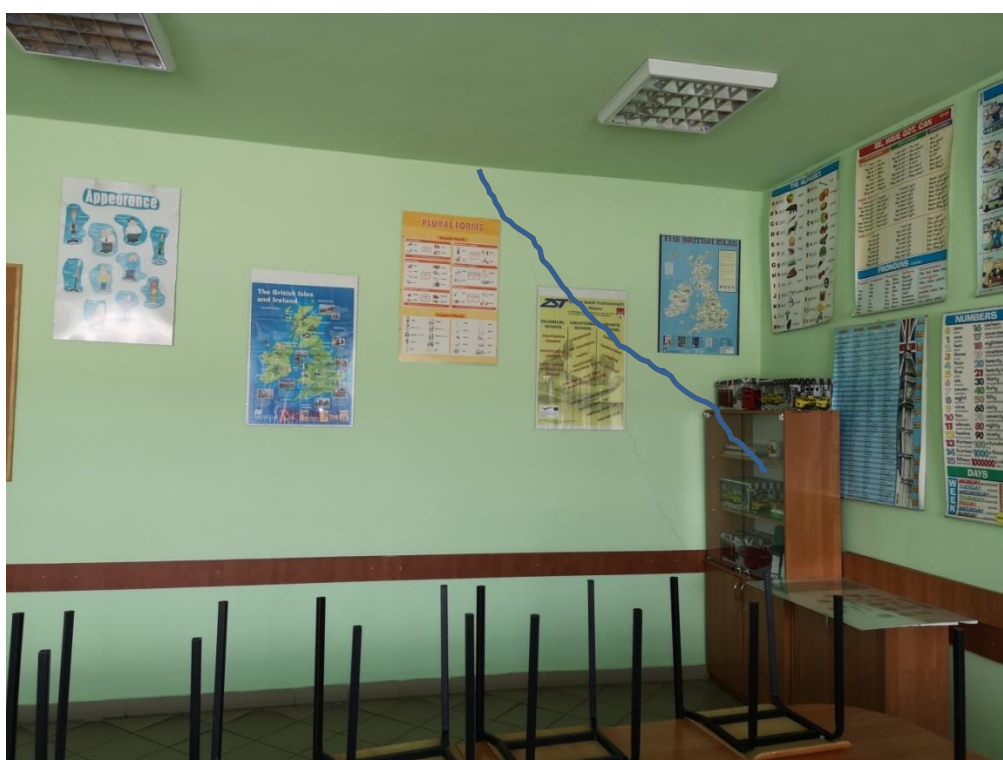
Fot.11 Widok placka kleju o grubości 11 mm w rewizji uziemienia od strony północnej



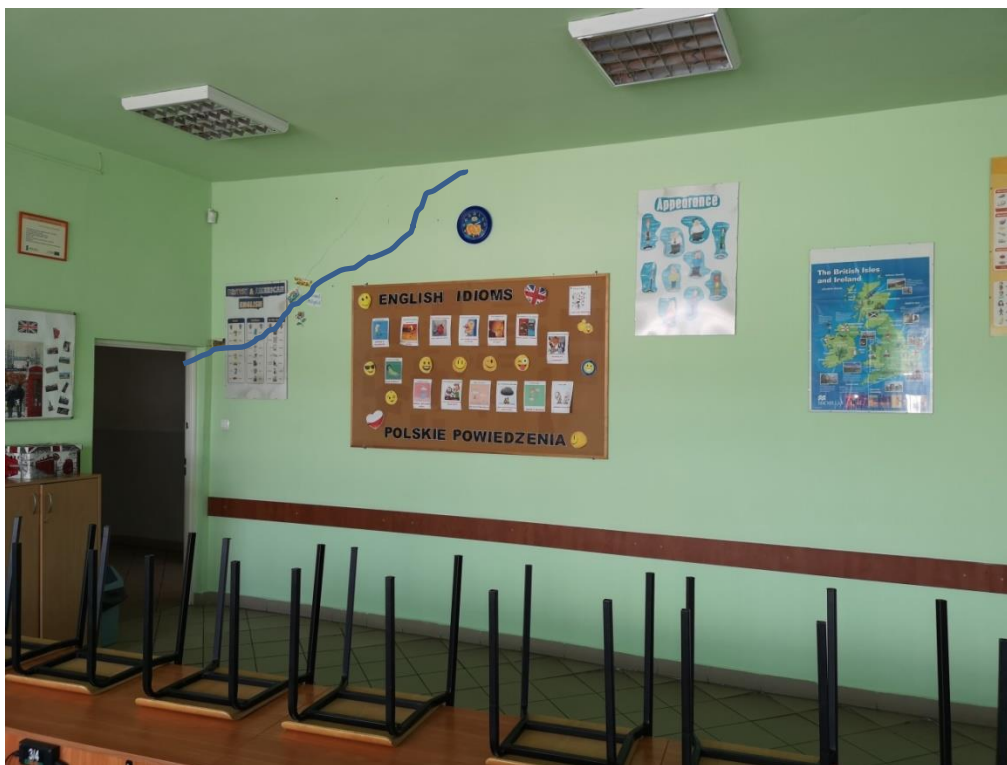
Fot.12 Poziome pęknięcie w narożniku północno-wschodnim w pomieszczeniu W15 spowodowane silnym ugięciem stropu



Fot.13 Poziome pęknięcie w narożniku północno-zachodnim w pomieszczeniu W15 spowodowane silnym ugięciem stropu



Fot.14 Ukośne pęknięcie ściany działowej w pomieszczeniu W15



Fot.15 Ukośne pęknięcie ściany działowej w pomieszczeniu W15



Fot.16 Opadnięcie podłogi o około 3-4 cm w pobliżu ściany działowej



Fot.17 Ukośne pęknięcie ściany działowej w pomieszczeniu W16



Fot.18 Ukośne pęknięcie ściany działowej w pomieszczeniu W16



Fot.19 Miejsce wykonania odkrywek zbrojenia belek stropowych oraz podciągu żelbetowego w auli. Widoczne usytuowanie strzemion



Fot.20 Rysy ukośne w strefie przypodporowej podciągu w auli



Fot.21 Zarysowanie ściany południowej auli spowodowane błędnym oparciem podciagu na ścianie południowej



Fot.22 Inwentaryzacja zbrojenia w belce żelbetowej na styku łącznika i części dobudowanej warsztatów



Fot.23 Warstwa grubej obrzutki cementowej, która uległa odspojeniu;
widoczne rozstawy strzemion



Fot.24 Rysy ukośne w belce jw.



Fot.25 Niezgodne z projektem oparcie stropu I pietra na belce żelbetowej pomiędzy łącznikiem i częścią dobudowaną

4. POMIAR UGIĘĆ BELEK STROPU NAD PARTEREM W AULI

Pomiar strzałki ugięcia belek wykonano przy pomocy niwelatora precyzyjnego typu TOPCON z dokładnością do 0,5 mm.

Numer belki stropowej B17 licząc od północy	Strzałka ugięcia belki w mm	Uwagi $1/250 = 32,3 \text{ cm}$ $1/500 = 1,62 \text{ cm}$
4	31	SGU spełniony
8	39	SGU przekroczony
12	37	SGU przekroczony
16	35	SGU znacznie przekroczony
22	44	SGU przekroczony

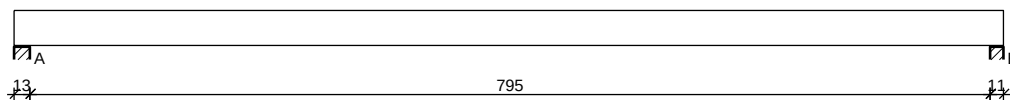
Z wyjątkiem ugięć beki w osi 4 licząc od północy wszystkie pomierzone ugięcia belek po 12 latach eksploatacji są przekroczone.

5. ANALIZA OBLICZENIOWA ELEMENTÓW KONSTRUKCJI NOŚNEJ

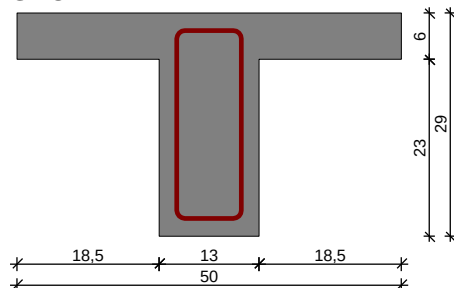
5.1. Żebra płyty stropu gęstożebrowego Porotherm 23/50

5.1.1. Założenia obliczeniowe

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKI



Wymiary przekroju:

Typ przekroju: teowy

Szerokość przekroju $b_w = 13,0$ cm

Wysokość przekroju $h = 29,0$ cm

Szerokość półki górnej $b_{eff} = 50,0$ cm

Wysokość półki górnej $h_f = 6,0$ cm

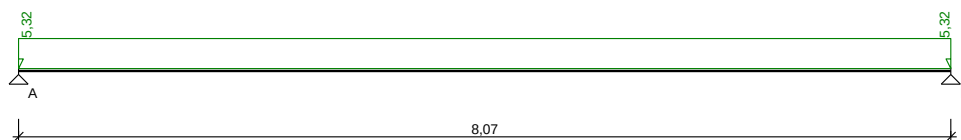
Rodzaj belki: monolityczna

OBCIĄŻENIA NA BELCE

Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	Płytki gresu 9 mm szer.0,50 m	0,14	1,20	--	0,17	cała belka
2.	Ciężar własny belki [[0,13m·0,29m)+((0,50m-0,13m)·0,06m)·25,0kN/m ³]	1,50	1,10	--	1,65	cała belka
3.	Pozostały ciężar stropu - pustaki	0,55	1,20	--	0,66	cała belka
4.	Szlachta cementowa grub. 0,08 m i szer.0,50 m [21,0kN/m ³ ·0,08m·0,50m]	0,84	1,30	--	1,09	cała belka
5.	Styropian grub. 0,02 m i szer.0,50 m [0,45kN/m ³ ·0,02m·0,50m]	0,00	1,20	--	0,00	cała belka
6.	Tynk cementowo-wapienny grub. 0,02 m i szer.0,50 m [19,0kN/m ³ ·0,02m·0,50m]	0,19	1,30	--	0,25	cała belka
7.	Obciążenie zmienne (sale lekcyjne szkolne) szer.0,50 m [2,0kN/m ² ·0,50m]	1,00	1,50	0,50	1,50	cała belka
	Σ :	4,22	1,26		5,32	

Schemat statyczny belki



DANE MATERIAŁOWE

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B20** (C16/20) → $f_{cd} = 10,67 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 0,87 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 29,0 \text{ GPa}$

Ciężar objętościowy $\rho = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 8 \text{ mm}$

Wilgotność środowiska $RH = 50\%$

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono) $\phi = 3,65$

Zbrojenie główne:

Klasa stali A-IIIN (**RB500W**) → $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów górnych $\phi_g = 12 \text{ mm}$

Średnica prętów dolnych $\phi_d = 12/18 \text{ mm}$

Strzemiona:

Klasa stali A-IIIN (**RB500W**) → $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica strzemion $\phi_s = 6 \text{ mm}$

Zbrojenie montażowe:

Klasa stali A-0 (St0S-b)

Średnica prętów $\phi = 10 \text{ mm}$

Otulenie:

Klasa środowiska: XC1

Wartość dopuszczalnej odchyłki $\Delta c = 5 \text{ mm}$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

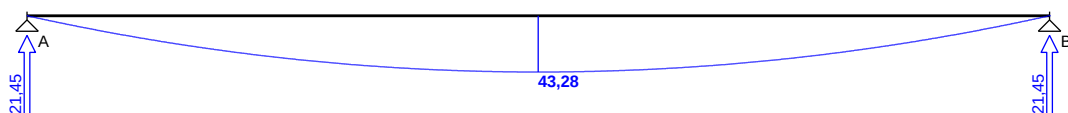
Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet. $\cot \theta = 2,00$

Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

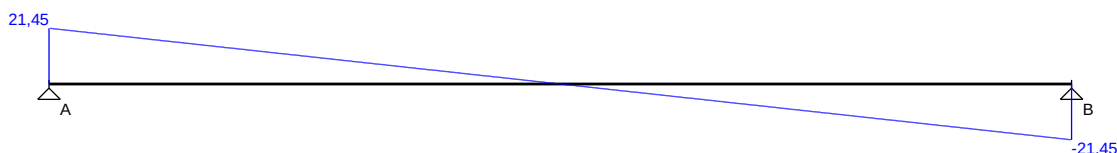
Graniczne ugięcie w przesłach $a_{lim} = l/250 = 807/250 = 3,23 \text{ cm}$

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

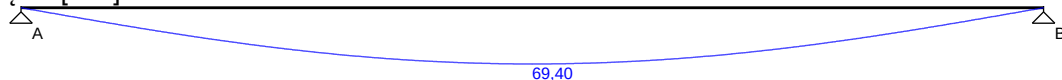
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

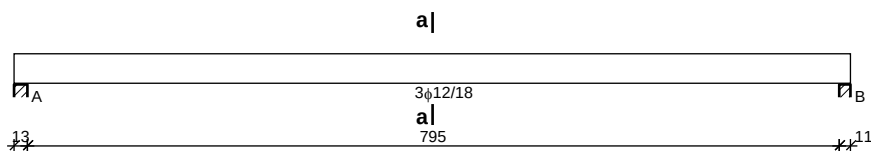


Ugięcia [mm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002



5.1.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki stropowej

Największy obliczeniowy moment przęsłowy w całej płycie $M_{Ed} = 43,3 \text{ kNm}$

$$X_{eff} = \frac{f_{yd} A_{s1}}{f_{cd} b} = \frac{4,80 \times 42}{1,07 \times 50} = 3,77 \text{ cm} < 6 \text{ cm}$$

$$M_{Rd} = 4,80 \times 42 \times (0,265 - 0,0377/2) = 49,62 \text{ kNm}$$

Nośność płyty stropowej jest prawidłowa.

Warunek nośności na zginanie jest spełniony.

$$M_{Ed} = 43,3 \text{ kNm} < M_{Rd} = 49,6 \text{ kNm} \quad (87\%)$$

Ścinanie:

Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej $V_{Sd} = (-)19,86 \text{ kN}$

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami dwuciętymi 6 mm co 180 mm na całej długości przęsła

$$\text{Warunek nośności na ścinanie: } V_{Sd} = (-)19,86 \text{ kN} < V_{Rd1} = 20,99 \text{ kN} \\ (94,6\%)$$

SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{Sk} = 34,35 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt} = 30,28 \text{ kNm}$

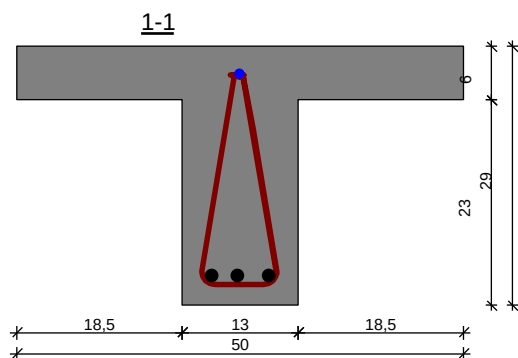
$$\text{Szerokość rys prostopadłych: } w_k = 0,255 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad (85,1\%)$$

$$\text{Maksymalne ugięcie od } M_{Sk,lt}: a(M_{Sk,lt}) = 69,40 \text{ mm} > a_{lim} = 8070/250 = \\ 32,28 \text{ mm} \quad (215,0\%) \quad (!!!)$$

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej $V_{Sk} = 14,81 \text{ kN}$

$$\text{Szerokość rys ukośnych: } \text{zarysowanie nie występuje} \quad (0,0\%)$$

SZKIC ZBROJENIA

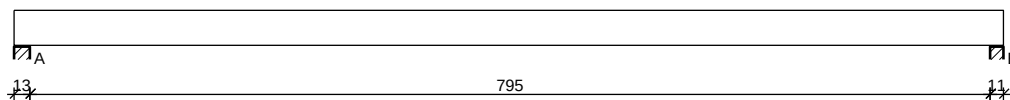


5.2. Belki stropowe podpierające ścianę działową na I piętrze pomiędzy salami W15 i W16

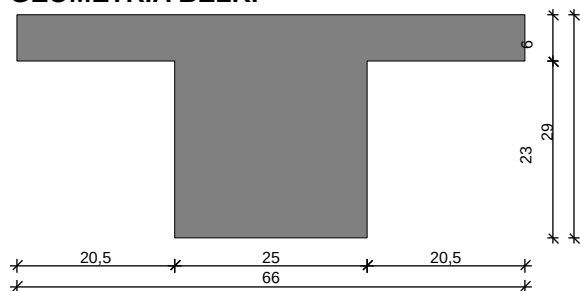
5.2.1. Założenia obliczeniowe

Belka 1

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKI



Wymiary przekroju:

Typ przekroju: teowy

Szerokość przekroju $b_w = 25,0$ cm

Wysokość przekroju $h = 29,0$ cm

Szerokość półki górnej $b_{eff} = 66,0$ cm

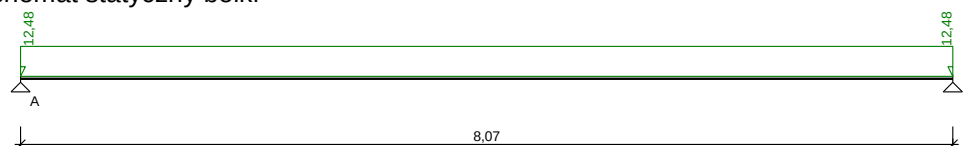
Wysokość półki górnej $h_f = 6,0$ cm

Rodzaj belki: monolityczna

Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	Płytki gresowe 9 mm + klej	0,14	1,20	--	0,17	cała belka
2.	Ciężar własny belki [(0,25m·0,29m)+((0,66m-0,25m)·0,06m)·25,0kN/m ³]	2,43	1,10	--	2,67	cała belka
3.	Pozostały ciężar stropu - pustaki	0,55	1,20	--	0,66	cała belka
4.	Warstwa szlichty cementowej grub. 0,08 m i szer.0,50 m [21,0kN/m ³ ·0,08m·0,50m]	0,84	1,30	--	1,09	cała belka
5.	Styropian grub. 0,02 m i szer.0,50 m [0,45kN/m ³ ·0,02m·0,50m]	0,00	1,20	--	0,00	cała belka
6.	Warstwa tynku cementowo-wapiennego grub. 0,02 m i szer.0,50 m [19,0kN/m ³ ·0,02m·0,50m]	0,19	1,30	--	0,25	cała belka
7.	Obciążenie zmienne (sale lekcyjne szkolne) szer.0,50 m [2,0kN/m ² ·0,50m]	1,00	1,50	0,50	1,50	cała belka
8.	Ściana działowa Beton lekki komórkowy konstrukcyjny, niezbrojony, niezagęszczony grub. 3,50 m i szer.0,15 m [9,0kN/m ³ ·3,50m·0,15m]	4,72	1,30	--	6,14	cała belka
	Σ :	9,87	1,26		12,48	

Schemat statyczny belki



DANE MATERIAŁOWE

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B20** (C16/20) → $f_{cd} = 10,67$ MPa, $f_{ctd} = 0,87$ MPa, $E_{cm} = 29,0$ GPa

Ciężar objętościowy $\rho = 25,0$ kN/m³

Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 8$ mm

Wilgotność środowiska RH = 50%

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono) $\phi = 3,47$

Zbrojenie główne:

Klasa stali A-IIIN (**RB500W**) → $f_{yk} = 500$ MPa, $f_{yd} = 420$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa

Średnica prętów górnych $\phi_g = 12$ mm

Średnica prętów dolnych $\phi_d = 14$ mm

Strzemiona:

Klasa stali A-IIIN (**RB500W**) → $f_{yk} = 500$ MPa, $f_{yd} = 420$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa

Średnica strzemion $\phi_s = 6$ mm

Zbrojenie montażowe:

Klasa stali A-0 (St0S-b)

Średnica prętów $\phi = 10$ mm

Otulenie:

Klasa środowiska: XC1

Wartość dopuszczalnej odchyłki $\Delta c = 5$ mm

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

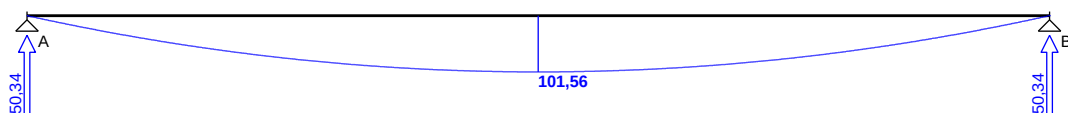
Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet. $\cot \theta = 1,00$

Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,3$ mm

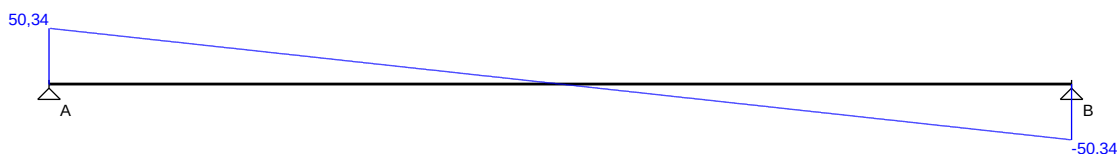
Graniczne ugięcie w przesłach a_{lim} = jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

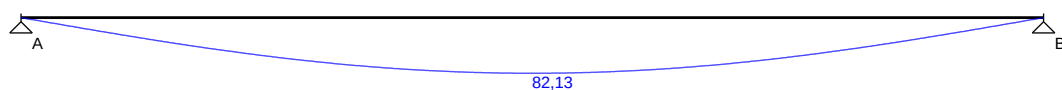
Momenty zginające [kNm]:



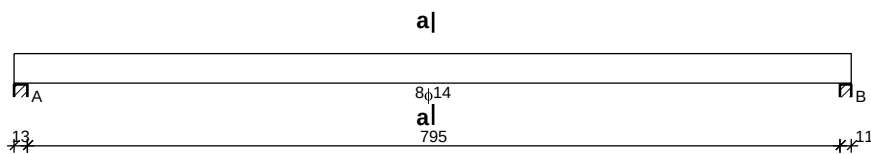
Siły poprzeczne [kN]:



Ugięcia [mm]:



WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002



5.2.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki

Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój **a-a**)

Zinwentaryzowane zbrojenie istniejące 2 belki ze zbrojeniem 2 pręty 12 mm +
1 pręt 18 mm

o $A_s = 9,6 \text{ cm}^2$

Największy przęsłowy moment obliczeniowy $M_{Ed} = 101,56 \text{ kNm}$

$$X_{eff} = \frac{f_{yd} A_{s1}}{f_{cd} b} = \frac{9,6 \times 42}{1,07 \times 66} = 5,71 \text{ cm} < t' = 6 \text{ cm}$$

$$M_{Rd} = 9,6 \times 42 \times (0,265 - 0,0571/2) = 95,3 \text{ kNm}$$

Warunek nośności na zginanie: $M_{Ed} = 101,56 \text{ kNm} > M_{Rd} = 95,3 \text{ kNm}$

Obliczeniowa nośność na zginanie belek podpierających ścianę działową jest przekroczona o 6,6%.

Ścinanie:

Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej

$$V_{Ed} = (-)46,55 \text{ kN}$$

Zbrojenie pochyłymi (około 45st.) strzemionami podwójnymi dwuciętymi **6 mm co 200 mm** na całej długości belki

(decyduje warunek granicznej szerokości rys ukośnych)

Warunek nośności na ścinanie:

$$V_{Sd} = (-)46,55 \text{ kN} < V_{Rd3} = 2 \times 0,56 \times 42/20 \times 0,9 \times 26,5 \times (1+1) \times 0,71 = 79,6 \text{ kN} \quad (58\%)$$

SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{Sk} = 80,35 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt} = 76,28 \text{ kNm}$

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,208 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad (69,4\%)$

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$:

$$a(M_{Sk,lt}) = 82,13 \text{ mm} > a_{lim} = 8070/250 = 32,28 \text{ mm} \quad (254,4\%) \quad (!!!)$$

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej $V_{Sk} = 37,29 \text{ kN}$

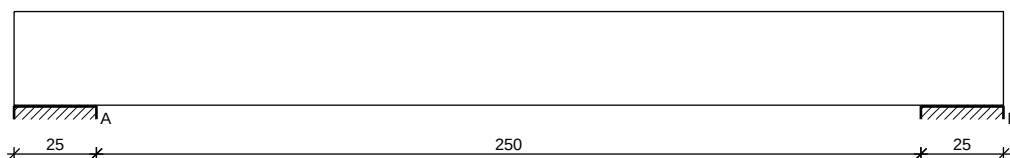
Szerokość rys ukośnych: $w_k = 0,277 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad (92,4\%)$

5.3. Podciąg stropu o przekroju 40x90cm

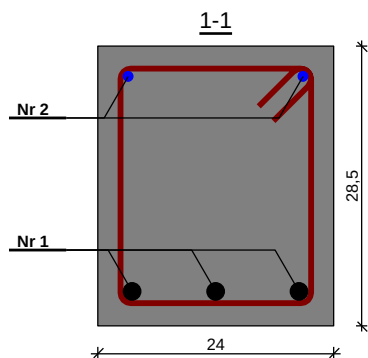
5.3.1. Założenia obliczeniowe

Belka 1

SZKIC BELKI



GEOMETRIA BELKI



Wymiary przekroju:

Typ przekroju: prostokątny

Szerokość przekroju $b_w = 24,0 \text{ cm}$

Wysokość przekroju $h = 28,5 \text{ cm}$

Rodzaj belki: monolityczna

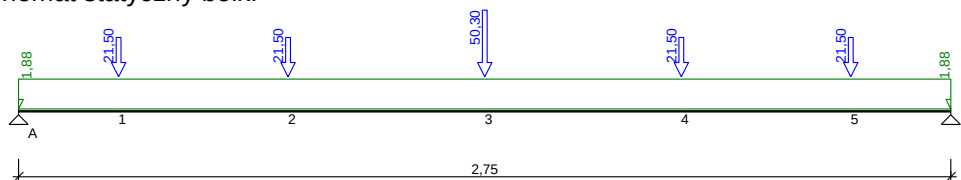
OBCIĄŻENIA NA BELCE

Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	γ_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.		0,00	1,00	--	0,00	cała belka
2.	Ciężar własny belki [0,24m·0,29m·25,0kN/m ³]	1,71	1,10	--	1,88	cała belka
Σ :		1,71	1,10		1,88	

Zestawienie sił skupionych [kN]:

Schemat statyczny belki



DANE MATERIAŁOWE

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B20** (C16/20) $\rightarrow f_{cd} = 10,67 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 0,87 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 29,0 \text{ GPa}$

Ciężar objętościowy $\rho = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 8 \text{ mm}$

Wilgotność środowiska $RH = 50\%$

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono) $\phi = 3,33$

Zbrojenie główne:

Klasa stali **A-IIIIN (RB500W)** $\rightarrow f_{yk} = 500 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów górnych $\phi_g = 10 \text{ mm}$

Średnica prętów dolnych $\phi_d = 18 \text{ mm}$

Strzemiona:

Klasa stali **A-I (St3SX-b)** $\rightarrow f_{yk} = 240 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 210 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 320 \text{ MPa}$

Średnica strzemion $\phi_s = 6 \text{ mm}$

Zbrojenie montażowe:

Klasa stali **A-0 (St0S-b)**

Średnica prętów $\phi = 10 \text{ mm}$

Otulenie:

Klasa środowiska: XC1

Wartość dopuszczalnej odchyłki

$\Delta c = 5 \text{ mm}$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

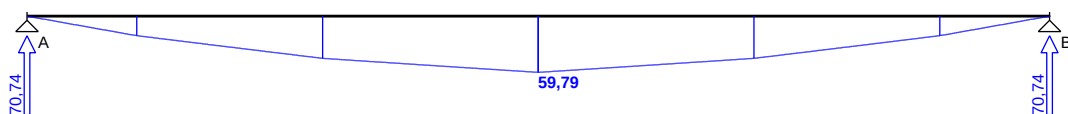
Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet. $\cot \theta = 1$

Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

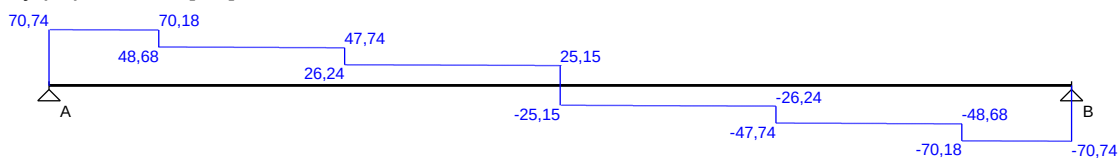
Graniczne ugięcie w przesłach $a_{lim} = \text{jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)}$

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

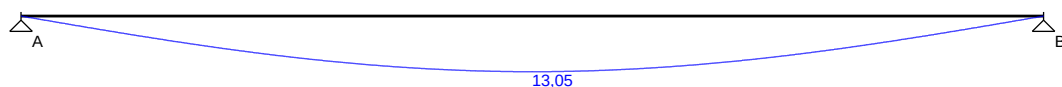
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

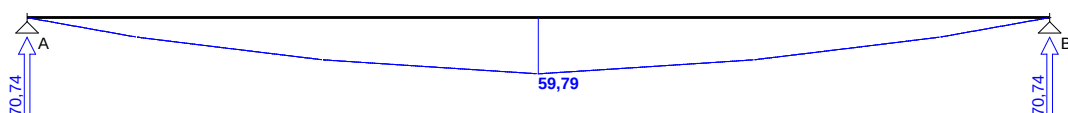


Ugięcia [mm]:

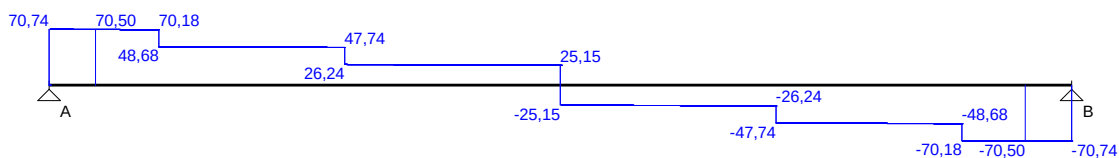


Obwiednia sił wewnętrznych

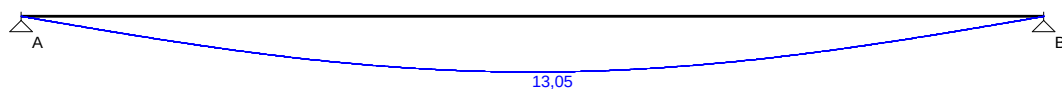
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

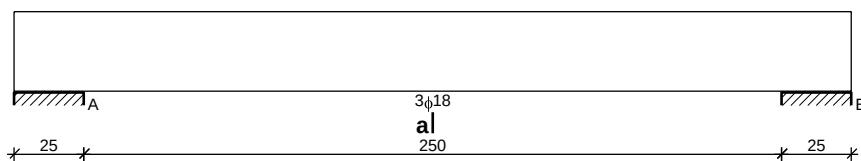


Ugięcia [mm]:



WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002

a)



5.3.2. Sprawdzenie stanów granicznych belki

Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój a-a)

Moment przęsłowy obliczeniowy $M_{Sd} = 59,79 \text{ kNm}$

Zbrojenie istniejące $3\phi 18$ o $A_s = 7,63 \text{ cm}^2$ ($\rho = 1,27\%$)

Największy przęsłowy moment obliczeniowy $M_{Ed} = 101,56 \text{ kNm}$

$$X_{eff} = \frac{f_{yd} A_s}{f_{cd} b} = \frac{7,83 \times 42}{1,07 \times 24} = 12,8 \text{ cm} < d/2 = 13,2 \text{ cm}$$

$$M_{Rd} = 7,83 \times 42 \times (0,265 - 0,128/2) = 66,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności na zginanie: $M_{Ed} = 59,8 \text{ kNm} > M_{Rd} = 66,1 \text{ kNm}$

Obliczeniowa nośność podciagu na zginanie jest prawidłowa.

Ścinanie:

Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej

$$V_{Ed} = 70,5 \text{ kN}$$

Zbrojenie strzemionami dwuciętymi 6 mm co 200 mm na całej belce

Warunek nośności na ścinanie:

$$V_{Sd} = 70,5 \text{ kN} \gg V_{Rd3} = 2 \times 0,28 \times 42/20 \times 0,9 \times 26,5 \times 1 = 28,1 \text{ kN}$$

Warunek nośności na ścinanie jest niespełniony

SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny $M_{Sk} = 59,63 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt} = 59,63 \text{ kNm}$

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,251 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$ (83,6%)

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$:

$$a(M_{Sk,lt}) = 13,05 \text{ mm} < a_{lim} = 2750/200 = 13,75 \text{ mm} \quad (94,9\%)$$

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej $V_{Sk} = 70,29 \text{ kN}$

Szerokość rys ukośnych:

$$w_k = 0,222 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad (74,2\%)$$

6. ANALIZA PRZYCZYN USZKODZEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W OBIEKCIE

Ocieplenie zewnętrzne ścian budynku zostało wykonane w postaci płyt styropianowych o grubości 10 cm, które zostały przyklejone do ściany z bloczków gazobetonowych, nałożoną punktowo warstwą kleju o grubości około 10 mm. Warstwę ochronną styropianu wykonano w postaci około 5 mm tynku mineralnego na siatce z włókna szklanego. Zastosowana kolorystyka tynku: szara i ciemnoszara, sposób klejenia punktowo, błędy wykonawcze (brak prawidłowych zakładów siatki) oraz zastosowana geometria wypukłej ściany zewnętrznej od strony południowej w kształcie pobocznicy walca, przyczyniły się do powstania znacznych uszkodzeń widocznych na elewacji zewnętrznej. Pomiary temperatur wykonane przy pomocy pirometru w dniu 9 sierpnia 2018 roku wykazały nagrzanie się tynku mineralnego na ścianie południowej o godz. 17.00 do temp. 52°C. Przyjmując temperaturę w okresie zimowym -20 °C, amplituda zmian temperatury na powierzchni ściany południowej wynosi ponad 70 K. Przy długości ściany wynoszącej około 25 m, na skutek zmian temperatury o 70 K dochodzi do wydłużenia tynku mineralnego o ponad 4 cm. Przy niskiej wytrzymałości styropianu na rozciąganie, wydłużenie liniowe tynku mineralnego powoduje wystąpienie naprężeń rozciągających na styku tynku zewnętrznego i styropianu oraz na styku styropianu i ściany zewnętrznej konstrukcyjnej z gazobetonu. Z uwagi na przyleganie tynku mineralnego do styropianu całą powierzchnią, siły rozciągające związane z wydłużeniem tynku wywołują mniejsze naprężenia od strony zewnętrznej płyt styropianowych i znacznie większe w miejscach klejenia punktowego. Jeśli naprężenia w miejscach klejenia styropianu do ściany przekroczyłyby wytrzymałość styropianu na rozciąganie, warstwa ocieplenia zewnętrznego ulegnie odspojeniu od ściany. Na podstawie wykonanych badań do $\frac{3}{4}$ wysokości ściany południowej, stwierdzono odspojenie izolacji występujące na około 25 – 30 % powierzchni ściany. Obniżenie temperatury powierzchni tynku mineralnego w okresie zimowym powoduje powstanie odwrotnego zjawiska: na styku ze styropianem – występują naprężenia dociskowe. W

tyнку mineralnym na skutek jego ochłodzenia powstają znaczne naprężenia rozciągające koncentrujące się szczególnie w narożnikach otworów okiennych i drzwiowych. Naprężenia rozciągające w tynku powodują także pęknięcia o regularnym przebiegu w miejscach, gdzie siatka z włókna szklanego nie została ułożona na prawidłowy zakład. Takie regularne uszkodzenia tynku występują przede wszystkim na ścianie północnej. Pomierzona szerokość rys w tynku mineralnym dochodzi miejscami na ścianie południowej do 1,2 mm. Przy występowaniu ulewnych i ukośnych deszczy w okresie jesienno-zimowo-wiosennym, wody opadowe wnikają przez rysy w tynku do wnętrza ściany. Przy wystąpieniu temperatur ujemnych zamarzająca woda, która wniknęła do ściany powoduje narastanie destrukcji i dalsze odspajanie tynku. Należy stwierdzić, że zewnętrzna izolacja została wykonana w sposób wyjątkowo niedbały i jest bardzo nierówna.

Odrębnego omówienia wymaga uszkodzenie izolacji zewnętrznej na ścianie zachodniej przedstawione na fot. 6. Na poziomie posadowienia ściany kolankowej na stropie **na pierwszym piętrze nastąpiło poziome przesunięcie warstwy ocieplenia o około 10 cm.** Jedynym możliwym powodem powstania takiego uszkodzenia jest niewłaściwe wykonanie warstwy dociskowej stropodachu. Na skutek braku dylatacji pomiędzy szlichtą dociskową stropodachu, a ścianką kolankową wystąpił silny nacisk rozszerzającej się pod wpływem promieniowania słonecznego warstwy betonu dociskowego. Bez poważnego uszkodzenia pokrycia dachowego nie ma możliwości sprawdzenia miejsca styku szlichty ze ścianą kolankową.

Warstwa izolacji zewnętrznej po 12 latach eksploatacji jest w niedostatecznym stanie technicznym i będzie ulegała dalszej przyśpieszonej destrukcji. Należy liczyć się z koniecznością wykonania całkowitej wymiany izolacji zewnętrznej, zastosowaniem całkowicie innej technologii bądź, co najmniej, zmiany kolorystyki elewacji i sposobu mocowania płyt styropianu przy zachowaniu tej samej technologii.

Ściana działowa nad aulą została wykonana z bloczków gazobetonowych o

grubości około 12 cm i obustronnie pokryta tynkiem cementowo – wapiennym o grubości 1,5 cm. Wykonane oględziny wykazały występowanie w ścianie dwóch ukośnych rys o rozwartości dochodzącej do 2 mm oraz pionowej rysy w środkowej dolnej części ściany o rozwartości 0,3 mm. Ściana została posadowiona na stropie Porotherm typu 23/50 z 6 cm warstwą nadbetonu. Zgodnie z katalogiem elementów stropowych udostępnionym przez producenta, przy zastosowanej długości belki stropowej wynoszącej 8,25 m trop powinien mieć nadane wygięcie wstępne do góry o wartości $l_{\text{eff}}/250 = -31,8$ mm. Przy takim wygięciu wstępnym dopuszczalne katalogowe obciążenie stropu wynosi $1,63 \text{ kN/m}^2$, a więc jest mniejsze od normowych obciążeń użytkowych na stropie pierwszego pietra. Belka stropowa Porotherm o długości 8,25 m powinna, zgodnie z katalogiem producenta, być zbrojona dwoma prętami o średnicy 14 mm i jednym o średnicy 16 mm. Łączna powierzchnia przekroju zbrojenia rozciąganego belki powinna wynosić $5,09 \text{ cm}^2$. Na podstawie odkrywki zbrojenia belki wykonanej w obiekcie stwierdzono zastosowanie zbrojenia niezgodnego z katalogiem: w belce występują dwa pręty o średnicy 12 mm i jeden o średnicy 18 mm. Łączna powierzchnia przekroju zbrojenia rozciąganego belki wynosi $5,80 \text{ cm}^2$ i jest o ponad 5,5 % mniejsza od wartości katalogowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy obliczeniowej stwierdzono, że nośność na zginanie belki stropowej przy istniejących obciążeniach i warstwach stropowych jest jednak wystarczająca. Spełniony jest również stan graniczny zarysowania. Niestety, dla większości belek stropowych przekroczony jest stan graniczny ugięć, pomimo bezsprzecznego zastosowania wcześniejszego wygięcia belek ku górze. Niespełnienie stanu granicznego ugięć belek stropowych nad aulą nie stwarza zagrożenia bezpieczeństwa użytkowania obiektu, ale obniża jego walory użytkowe. Zastosowanie mniejszej powierzchni zbrojenia, niż wartość katalogowa przyczyniło się z pewnością do przekroczenia stanu granicznego ugięcia. Należy również zaznaczyć, że przy tak dużej rozpiętości stropu wymagającej nadania wstępnej ujemnej strzałki ugięcia, zastosowane rozwiązanie warstwy podłogowej (gres na kleju) jest błędne i prowadzi do uszkodzenia odspojenia płytek gresowych. Całkowite ugięcie belki o

rozpiętości w świetle 7,95 m wynosi około 7 cm. Przy tak dużym odkształceniu pionowym w warstwie kleju pod gresem powstają tak duże naprężenia ścinające, że następuje stopniowe odspojenie płytek podłogowych. Takie zjawisko zaobserwowano w salach W15 i W16 nad aulą. Pomimo nadmiernego ugięcia, stan stropu nad aulą, poza rejonem ściany działowej, można uznać za dostateczny.

Posadowienie sztywnej murowanej z bloczków gazobetonowych ściany działowej na stropie o rozpiętości 7,95 m jest poważnym błędem w sztuce budowlanej. Ściana, jako układ tarczowy, jest w stanie przenieść ugięcia rzędu 1-2 mm bez zarysowania. Ściana działowa została posadowiona na dwóch belkach stropu Porotherm, których całkowite ugięcie wynosi 82 mm. Tak znaczne odkształcenie belek stropowych przyczyniło się do silnych zarysowań ściany i przeniesienia obciążeń w części przypodporowe belek stropowych. Powoduje to przeciążenie stref przypodporowych belek stropu ze względu na ścinanie. Na podstawie wykonanej analizy stwierdzono, że obliczeniowa nośność belek podpierających ścianę działową jest przekroczona o około 6 %. Dopuszczalny przyrost ugięcia stropu pod ścianą działową nie powinien przekroczyć 1,59 cm, a w zastosowanym rozwiązaniu wynosił ponad 8 cm, tj. był ponad pięciokrotnie większy od dopuszczalnego. Zgodnie z dokumentacją projektową belki stropowe podpierające ścianę powinny być podparte od strony wschodniej na trzech nadprożach prefabrykowanych typu L19. W obiekcie wykonano inne rozwiązanie: belki podparto na podciągu monolitycznym o przekroju 24x 28,5 cm zbrojonym dołem trzema prętami o średnicy 18 mm. Analiza obliczeniowa wykazała, że nośność podciagu na zginanie jest prawidłowa. Spełniony jest również stan graniczny zarysowania od zginania. Natomiast całkowicie błędnie zostało wykonstruowane zbrojenie poprzeczne. Zastosowano strzemiona dwuramiennie o średnicy 6 mm ze stali klasy A1 w rozstawie co 20 cm na całej długości belki. Stwierdzono w podciągu powstanie silnych ukośnych zarysowań w strefach przypodporowych o rozwartości dochodzącej do 0,42 mm. Analiza obliczeniowa wykazała, że nośność zbrojenia poprzecznego na

ściananie jest wielokrotnie przekroczone. Z tego względu stan techniczny stropu nad aulą należy ocenić jako zły, zagrażający bezpieczeństwu użytkowania. Do czasu wykonania doraźnych wzmocnień sale zajęć oznaczona nr W15 i W16 oraz aula nie mogą być eksploatowane. Wykonanie doraźnych wzmocnień strefy podparcia belek pod ścianą działową, pod nadzorem autora niniejszego opracowania umożliwi czasowe, warunkowe dopuszczenie ww. pomieszczeń do eksploatacji i przygotowanie dokumentacji wzmocnienia wadliwie wykonanego fragmentu stropu.

Występowanie silnych zarysowań ukośnych stwierdzono również w belce stropowej nad pierwszym piętrzem występującej na styku dobudowanej części warsztatów i korytarza łącznikowego. Zgodnie z udostępnioną dokumentacją konstrukcyjną, w miejscu ww. belki występują dwa sprzeczne ze sobą oznaczenia. Jedno z nich wskazuje, że w tym rejonie występuje nadproże N6 o rozpiętości 5,12 m i wymiarach przekroju 26x30 cm. Drugie oznaczenie wskazuje, że w tym rejonie występuje wieńiec W3 o wymiarach 27x29 cm. Na podstawie wykonanych w obiekcie pomiarów, wymiary przekroju poprzecznego belki wynoszą 20x33 cm i nie odpowiadają ani nadprożu N6 ani wieńcowi W3. Zbrojenie dolne belki stanowią trzy pręty o średnicy 12 mm. Zastosowano strzemiona dwuramiennie o średnicy 6 mm ze stali klasy A1 w rozstawie co 20 cm i jednym przypadkiem 15 cm. Zarówno pręty podłużne, jak i zbrojenie poprzeczne nie odpowiada rozwiązaniu zastosowanemu w nadprożu N6, ani wieńcu W3. Przy prawidłowym wykonaniu stropów stykających się z przedmiotową belką nie powinny one w żadnym wypadku obciążać zarysowanego podciagu. Stwierdzono jednak, że strop w dobudowanej części warsztatów wykonano niezgodnie z zamierzeniem projektanta opierając go na przedmiotowej belce. Trudno jest ustalić rzeczywistą pracę stropu, gdyż należałoby wykonać rozbiórkę znacznego fragmentu stropu podwieszonego i zinwentaryzować położenie belki rozdzielczej w stropie. Stan techniczny przedmiotowego podciagu belki należy ocenić jako zły. Konieczne jest opracowanie dokumentacji wzmocnienia belki i jej tymczasowe podstemplowanie do czasu wykonania naprawy.

Poziome zarysowania występujące w narożnikach pomieszczeń W14, W15 i W16 na pierwszym piętrze są spowodowane podrywaniem narożników stropowych razem z wieńcami. Występujące uszkodzenia są efektem zastosowania stropów o dużych rozpiętościach, których przyrost strzałki ugięcia w środkowej części wynosił 6 – 7 cm. Zarysowania te nie stwarzają zagrożenia dla bezpiecznej eksploatacji, mogą być naprawione przez szpachlowanie i mają charakter zanikowy.

Poważnym błędem konstrukcyjnym jest sposób przejścia podciagu stropu auli P2 przez ścianę południową. Silnie obciążony podciąg o rozpiętości w świetle 7,03 m w ciągu 12 lat eksploatacji doznał ugięcia trwałego około 3 cm. W miejscu przejścia podciagu przez ścianę południową powinna być wykonana co najmniej 2 cm przestrzeń dylatacyjna wypełniona miękkim materiałem, np. styropianem lub pianką poliuretanową. Szczelina taka umożliwiałaby swobodne ugięcie, prawidłową pracę podciagu i uniemożliwiła przekazywanie obciążeń na występujące w tym rejonie nadproże okienne. Zastosowane w obiekcie błędne rozwiązanie (brak dylatacji) spowodowało silne obciążenie ściany nad nadprożem okiennym i w efekcie powstanie rys ukośnych o rozwartości dochodzącej do 0,8 mm. Przy okazji planowanego remontu stropu należy wykonać 2-3 cm przestrzeń w ścianie południowej pod podciągami P2 i wypełnić ją pianką poliuretanową.

7. WNIOSKI I ZALECENIA

- 7.1. Przedmiotem opracowania jest konstrukcja nośna dobudowanej części warsztatu ZST w rejonie, gdzie użytkownik wskazał na pojawienie się zarysowań lub nadmiernych odkształceń.
- 7.2. Przeprowadzone w obiekcie oględziny i pomiary wykazały występowanie licznych zarysowań ścian konstrukcyjnych, pęknięcia ściany działowej posadowionej na stropie nad aulą, pęknięcia podciagu podpierającego strop w auli, ukośne pęknięcia belki stropu nad I piętrzem pomiędzy łącznikiem a dobudowaną częścią warsztatu oraz liczne zarysowania i odspojenia warstwy izolacji zewnętrznej ścian.
- 7.3. Zbrojenie belek B17 stropu nad aulą, konstrukcja podciagu podpierającego strop w auli oraz konstrukcja belki stropu nad I piętrzem pomiędzy łącznikiem, a dobudowaną częścią warsztatów są niezgodne z udostępnioną dokumentacją powykonawczą,
- 7.4. Analiza statyczno – wytrzymałościowa wykonana w p.5 przy założeniu normowych obciążeń charakterystycznych, użytkowych na stropie o wartości 2 kN/m^2 oraz istniejących warstw stropu stwierdzonych w wykonanej odkrywce **wykazała niebezpieczne przekroczenie stanów granicznych stropu nad aulą**. Do czasu wykonania tymczasowego podstemplowania salę W15 i W16 na I piętrze nie mogą być eksploatowane.
- 7.5. Belka stropu nad I piętrzem pomiędzy łącznikiem a dobudowaną częścią warsztatu zgodnie z projektem nie powinna być obciążona ciężarem przylegających stropów. Niestety na skutek popełnionego błędu belka została obciążona ciężarem stropu od strony północnej co spowodowało jej silne zarysowania ukośne. Belka wymaga wzmocnienia na podstawie oddzielnie opracowanej dokumentacji. Do tego czasu wymagane jest jej tymczasowe podstemplowanie.
- 7.6. Przyczyny licznych deformacji i zarysowań zewnętrznej izolacji budynku omówiono w p.6. Na skutek silnych obciążeń termiczno-skurczowych oraz wnikania wód opadowych do wnętrza ściany proces

destrukcji izolacji zewnętrznej będzie postępował. Należy liczyć się z koniecznością wykonania rozbiórki istniejącej izolacji i jej ponownego prawidłowego wykonania ciągu najbliższych 3-5 lat.

- 7.7. Niebezpieczne uszkodzenia (ścięcie z przesunięciem) izolacji zewnętrznej na ścianie zachodniej zostały spowodowane nieprawidłowym oddylatowaniem płyty szlichty od ścianki kolankowej na stropodachu. Należy w trybie pilnym przewidzieć środki finansowe na wykonanie odkrywek styków szlichty ze ścianami attyki, wykonanie szczelin dylatacyjnych i naprawę pokrycia papowego stropodachu.
 - 7.8. Najpóźniej do września 2019 roku należy wykonać przerwę dylatacyjną pod podciągami P2 w ścianie południowej i wypełnić ją izolacyjnym materiałem elastycznym.
 - 7.9. Ściana działowa na I piętrze pomiędzy pomieszczeniami W15 i W16 powinna zostać rozebrana najpóźniej do 30 września 2019 roku. Nową ścianę wykonać do wysokości 1,2-1,5 m jako tarczę żelbetową o grubości 12 cm. Tarczę połączyć z istniejącymi belkami stropowymi. Na tarczy żelbetowej wymurować pozostałą część ściany z bloczków gazobetonowych. Należy opracować dokumentację techniczną tarczy i wzmocnienia stropu nad aulą.
 - 7.10. Tymczasowe podstemplowanie stropu nad aulą i belki stropu nad I piętrzem należy wykonać pod nadzorem autora niniejszego opracowania. Prawidłowe podstemplowanie umożliwi przygotowanie do remontu przeciążonych elementów konstrukcyjnych, który należy wykonać najpóźniej do 30 września 2019 roku
 - 7.11. Niniejsza ekspertyza jest ważna do 30 września 2019 roku.
- Sierpień 2018 roku

Dr inż. Krzysztof Kamiński