

**PRZEDSIĘBIORSTWO REALIZACJI INWESTYCJI
„KRET”**

**dr inż. Jarosław Filipiak Skwierzynka 4e, tel. 601 971 848
75-016 KOSZALIN**

EKSPERTYZA oraz PROJEKT
przystosowania części stropu usytuowanego na II piętrze
Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego
w Koszalinie pod montaż angiografu



Zleceniodawca:

**Szpital Wojewódzki im. Mikołaja Kopernika w Koszalinie
75-581 KOSZALIN, ul. T. Chałubińskiego 7**

Autor opracowania:

dr inż. Waldemar BORJANIEC
75-360 Koszalin, ul. Sikorskiego 17B/12
Uprawnienia budowlane AN/8346/385
ZAP/BO/2958/02, tel. 508 527 706

dr inż. Waldemar Borjaniec
uprawnienia budowlane AN/8346/385
specjalność: konstrukcje budowlanej
§ 4 ust. 2 § 7 § 11 ust. 1 pkt 2 § 6 ust. 3

Koszalin, grudzień 2022 r.

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

1. Podstawa opracowania	2
2. Przedmiot, cel i zakres opracowania	3
3. Ogólna charakterystyka obiektu, opis konstrukcji oraz ocena stanu technicznego stropu pomieszczenia nr 4	3
3.1. Opis konstrukcji budynku „K” Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie	3
3.2. Opis konstrukcji stropu oraz ocena jego stanu technicznego	6
4. Obliczenia sprawdzające	19
4.1. Nośność stropu sali chorych nr 4 z uwagi na zginanie	20
4.2. Bezpieczeństwo stropu sali chorych nr 4 z uwagi na ścianie	22
4.3. Ocena rysoodporności oraz ugięcia stropu sali nr 4	23
4.4. Ocena bezpieczeństwa przejazdu angiografu przez korytarz komunikacyjny	24
4.5. Bezpieczeństwo stropu sali nr 4 po wprowadzeniu angiografu i innego sprzętu	30
4.6. Obliczenia sprawdzające warstwy jastrychu cementowego	35
5. Propozycje materiałowe oraz zalecenia dotyczące przystosowania stropu do przenoszenia zwiększonych obciążeń technologicznych	36
6. Zalecenia dotyczące realizacji stalowego rusztu	45

EKSPERTYZA oraz PROJEKT
przystosowania części stropu usytuowanego na II piętrze
Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego
w Koszalinie pod montaż angiografu

1. Podstawa opracowania

- 1.1. Zlecenie TB.2122.11.12.2022 z dnia 21.07.2022 r. Szpitala Wojewódzkiego im. M. Kopernika w Koszalinie 75-581 Koszalin, ul. T. Chałubińskiego 7.
- 1.2. Dokumentacja z technicznych badań podłoża gruntowego w rejonie istniejącego budynku Oddziału Zakaźnego Szpitala Zespólnego przy ul. Marchlewskiego 7 w Koszalinie, opracowana przez Przedsiębiorstwo Geologiczno-Fizjograficzne i Geodezyjne Budownictwa „GEOPROJEKT” Oddział Terenowy w Gdańsku, Pracownia Geologiczno-Fizjograficzna przy ul. P. Findera 107 w Koszalinie – luty 1978 r.
- 1.3. Orzeczenie dotyczące oceny stanu konstrukcyjnego budynku oddziału Zakaźnego Wojewódzkiego Szpitala Zespólnego przy ul. J. Marchlewskiego 7 w Koszalinie, opracowane przez Państwowe Przedsiębiorstwo Projektowo-Wykonawcze Obiektów Kultury Fizycznej i Turystyki „POLSPORT” Biuro Projektów w Koszalinie ul. Armii Czerwonej 90 – sierpień 1978 r.
- 1.4. Ekspertyza techniczna dotycząca określenia wytrzymałości stropu nad piwnicą w pomieszczeniu przeznaczonym na pracownię RTG Oddziału zakaźnego Wojewódzkiego Szpitala Zespólnego w Koszalinie przy ul. Marchlewskiego 7, opracowana przez Biuro Usług Projektowych ZSMP 75-613 Koszalin, ul. Zwycięstwa 142 – marzec 1987 r.
- 1.5. Ekspertyza dotycząca określenia wytrzymałości stropu nad piwnicą w pomieszczeniu przeznaczonym na salę badań Pracowni badań naczyń i serca oraz elektroterapii Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie przy ul. T. Chałubińskiego 7, opracowana przez Pracownię Projektową mgr inż. Barbara Pietkiewicz 75-411 Koszalin, ul. Partyzantów 16 – listopad 2005 r.
- 1.6. Projekt technologiczny Pracowni badań naczyń i serca oraz elektroterapii Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie, opracowany przez mgr inż. Waldemara Pietkiewicz 75-411 Koszalin, ul. Partyzantów 16 – listopad 2005 r.
- 1.7. Projekt budowlany (wykonawczy) adaptacji części pomieszczeń parteru Oddziału Dermatologii na Pracownię badań naczyń i serca oraz elektroterapii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie, opracowany przez Pracownię Projektową mgr inż. Barbara Pietkiewicz 75-411 Koszalin, ul. Partyzantów 16 – listopad 2005 r.
- 1.8. Ekspertyza oraz projekt wykonawczy dostosowania pomieszczeń budynku „E” Szpitala Wojewódzkiego im. M. Kopernika w Koszalinie do potrzeb Pracowni Tomografii Komputerowej, opracowany przez dr inż. Waldemara Borjaniec 75-360 Koszalin, ul. Sikorskiego 17B/12 – lipiec 2020 r.
- 1.9. LR-990105-07 Rev 07 Technical Data Sheet – Karta danych technicznych Angiografu OEC 9900 Elite udostępniona przez GE Medical Systems Polska Spółka z o.o. 02-583 Warszawa, ul. Wołoska 9 – lipiec 2022 r.

- 1.10. Wizje lokalne, oględziny, odkrywki, pomiary inwentaryzacyjne dla potrzeb opracowania, dokumentacja fotograficzna oraz ocena stanu technicznego stropu Pracowni Elektrofizjologii w obszarze pomieszczenia nr 4 i przyległego do niego korytarza komunikacyjnego Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie, przeprowadzone przez autora opracowania w okresie od 14.07 do 11.08.2022 r.
- 1.11. <http://www.swk.med.pl/kontakt/plan-budynkow.html>.
- 1.12. Literatura i normy, w tym:
 - 1.12.1. Poradnik inżyniera i technika budowlanego, tom 2 – część II. Arkady, Warszawa 1969.
 - 1.12.2. Kobiak J., Stachurski W.: Konstrukcje żelbetowe część 1. Arkady, Warszawa 1973.
 - 1.12.3. PN-56/B-03264 Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie lub równoważna.
 - 1.12.4. PN-74/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne lub równoważna.
 - 1.12.5. PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe lub równoważna.
 - 1.12.6. PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe lub równoważna.
 - 1.12.7. PN-84/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie lub równoważna.
 - 1.12.8. PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie lub równoważna.

2. Przedmiot, cel i zakres opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest strop pomieszczenia nr 4 usytuowanego na II piętrze budynku Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego im. M. Kopernika przy ul. T. Chałubińskiego 7 w Koszalinie. Celem opracowania jest rozpoznanie konstrukcji stropu, ocena jego nośności oraz wskazanie zakresu koniecznych do wykonania prac adaptacyjno-zabezpieczających, umożliwiających instalację w przedmiotowym pomieszczeniu angiografu OEC 9900 Elite dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii.

Zakresem opracowania objęto:

- ogólny opis konstrukcji budynku „K” Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie,
- ocenę nośności oraz stanów granicznych użytkowności stropu, na którym przewidziano montaż angiografu,
- propozycje materiałowe oraz zalecenia wykonawcze dotyczące przystosowania stropu do przenoszenia zwiększonych obciążeń eksploatacyjnych,
- rysunki wykonawcze dotyczące sposobu zabezpieczenia lub wymiany stropu.

3. Ogólna charakterystyka budynku, opis konstrukcji oraz ocena stanu technicznego stropu pomieszczenia nr 4


3.1. Opis konstrukcji budynku „K” Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie

Objęty opracowaniem obiekt Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie zlokalizowany jest w północno-wschodniej części działki nr 4/7, obręb 19 przy ul. Chałubińskiego 7. Ogólny

plan rozmieszczenia obiektów szpitala przedstawiono na rys. 3.1, natomiast widok budynku „K”, w którym zlokalizowano Oddział Zakaźny i Kardiologię na fot. 3.1 i 3.2.

Przedmiotowy budynek jest obiektem częściowo podpiwniczonym o zróżnicowanej liczbie kondygnacji, wkomponowanym w zbocze wyniesienia moreny czołowej Góry Chełmskiej. Od strony północno-wschodniej i zachodniej podcięte zbocze zabezpieczono murami oporowymi. Oddział Kardiologii zlokalizowano w niepodpiwniczonej, trójkondygnacyjnej części budynku, zaś Oddział Zakaźny w oddzielonej dylatacją, podpiwniczonej, czterokondygnacyjnej części południowo-zachodniej (rys. 3.1). Budynek zrealizowano w 1964 r. w technologii tradycyjnej z przeznaczeniem na Oddział Zakaźny. Pierwotnie w poziomie stropu nad parterem oraz piętrem budynek posiadał otaczające go galerie o szkieletowej konstrukcji stalowej stanowiącej wsparcie dla monolitycznych, żelbetowych wieloprzęsłowych płyt balkonowych. Po roku 2009 galerie te usunięto a budynek poddano gruntownej modernizacji, do-budowując od strony południowo-wschodniej zewnętrzne windy towarowo-osobowe.



 – lokalizacja pomieszczenia nr 4 usytuowanego na II piętrze Oddziału Kardiologii, gdzie planowane jest umiejscowienie Pracowni Elektrofizjologii

Rys. 3.1. Plan rozmieszczenia obiektów Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie [1.11], lokalizacja budynku „K” (Oddział Zakaźny i Kardiologia) oraz przewidzianego do adaptacji pomieszczenia nr 4

Posadowienie bezpośrednie na monolitycznych, schodkowych ławach żelbetowych o zróżnicowanym przekroju i rzędnej posadowienia dostosowanej do pierwotnej rzeźby terenu. Na długości budynku wynoszącej 72,50 m teren opadał w kierunku południowo-zachodnim a jego deniwelata sięgała 6,0 m. Wokół tej części obiektu wykonano nasyp o wysokości 1,5 ÷ 2,0 m, na którym posadowiono taras usytuowany w poziomie posadzki parteru.

W piwnicach układ ścian nośnych mieszany, tj. podłużny w centralnie usytuowanym korytarzu komunikacyjnym oraz poprzeczny w traktach skrajnych. Na wyższych kondygnacjach

cyjach zastosowano wyłącznie poprzeczny układ nośny o rozpiętości traktów 4,80 m. Mury nośne piwnic (grub. 25, 38 i 51 cm) oraz wyższych kondygnacji (grub. 25 i 38 cm) z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Ściany zewnętrzne ocieplono w technologii lekka-mokra styropianem grub. 12 cm. Ściany działowe z cegły dziurawki, ceramicznej pełnej grub. 6,5 i 12 cm oraz z typowych gipsowych bloczków Promonta grub. 8 cm.

Nad piwnicami oraz wyżej położonymi kondygnacjami zastosowano prefabrykowane gęstożebrowe, belkowo-pustakowe stropy DMS o typowym osiowym rozstawie belek nośnych wynoszącym 65 cm. Lokalnie w obszarach części pomieszczeń, gdzie zachodziła konieczność zwiększenia nośności lub wymiany istniejących stropów DMS wykonano monolityczne jednokierunkowo zginane stropy żelbetowe oraz gęstożebrowe typu Kleina z ceramiczną lub żelbetową płytą nośną opartą na dwuteowych belkach stalowych.

Komunikację pionową zapewniają trzy klatki schodowe oraz dwie zewnętrzne windy towarowo-osobowe usytuowane przy południowo-wschodniej elewacji w pobliżu monolitycznych schodów trójbiegowych. Centralnie położone dwubiegowe schody główne, analogicznie jak trójbiegowe, wykonano jako monolityczne, żelbetowe o konstrukcji płytowej. Obiekt wyposażony jest w dwie windy towarowe przystosowane do transportu posiłków.



Fot. 3.1. Ogólny widok budynku „K” od strony południowo-wschodniej: a) dobudowany do pierwotnej bryły obiektu szyb windy towarowo-osobowej z wejściem do oddziału Kardiologii, b) wejście do oddziału Zakaźnego oraz dobudowany po 2009 r. szyb windy towarowo-osobowej

Stropodach wentylowany płaski, pokryty termozgrzewalną papą, którą wyklejono najprawdopodobniej na prefabrykowanych płytach z pianobetonu grub. 6 cm lub żelbetowych korytkowych. Płyty stropodachu ułożono na ściankach ażurowych grub. 12 cm wykonanych z cegły dziurawki, które oparto na belkowo-pustakowym stropie DMS.

Aktualny stan techniczny elementów konstrukcji, wykończenia i wystroju architektonicznego obiektu ocenia się jako zadowalający. Nie stwierdzono charakterystycznych zarysowań murów nośnych w obszarach nadproży oraz pasm podokiennych świadczących o nierówno-

miernym osiadaniu bryły budynku lub niewłaściwej współpracy fundamentów obiektu z podłożem gruntowym.



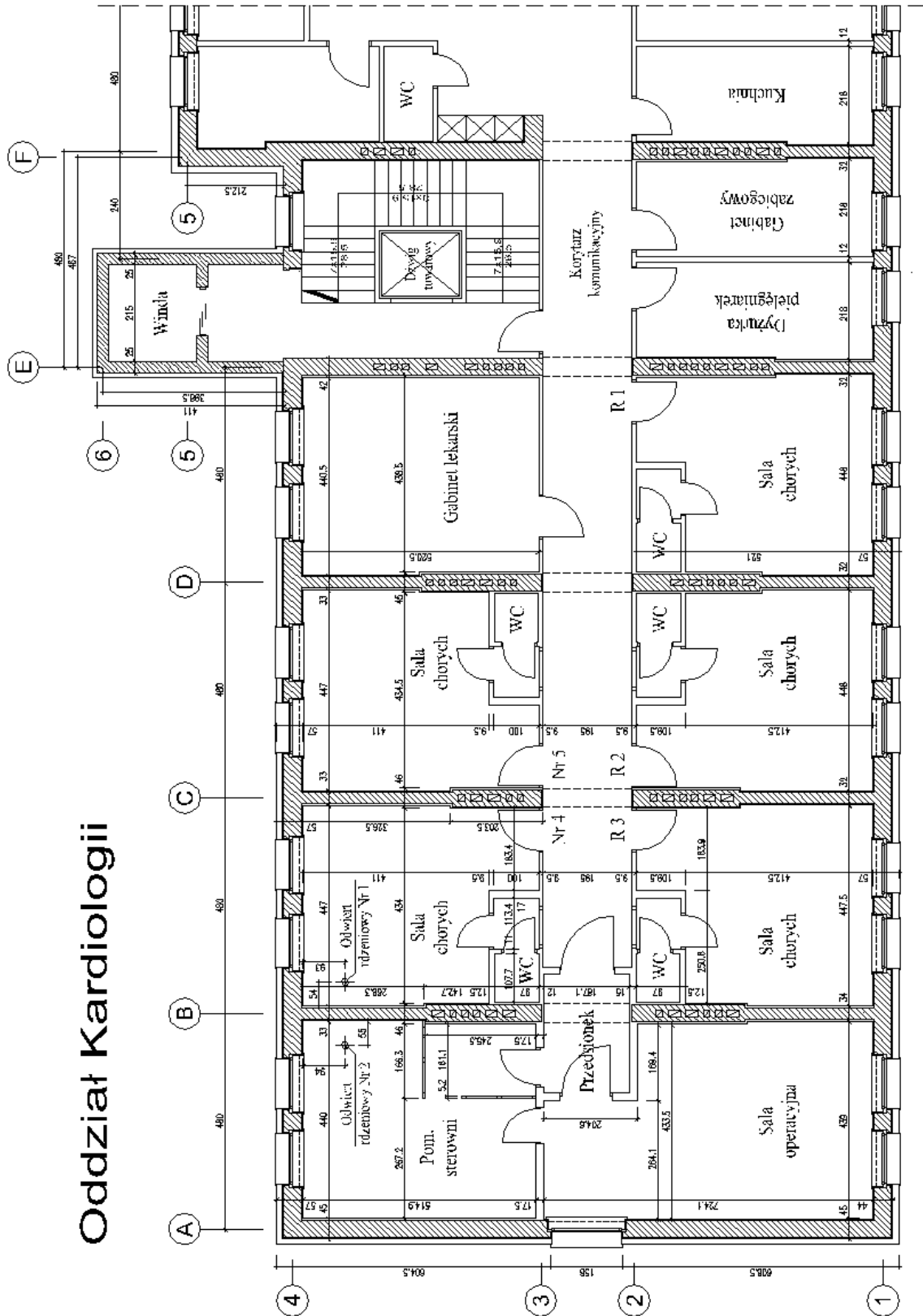
Fot. 3.2. Ogólny widok budynku od strony południowo-zachodniej: a) widok wykonanego nasypu z tarasem okalającym obiekt usytuowany w poziomie posadzki parteru, b) dylatacja bryły budynku oddzielająca niepodpiwniczoną część Kardiologii od oddziału Zakaźnego

3.2. Opis konstrukcji stropu oraz ocena jego stanu technicznego

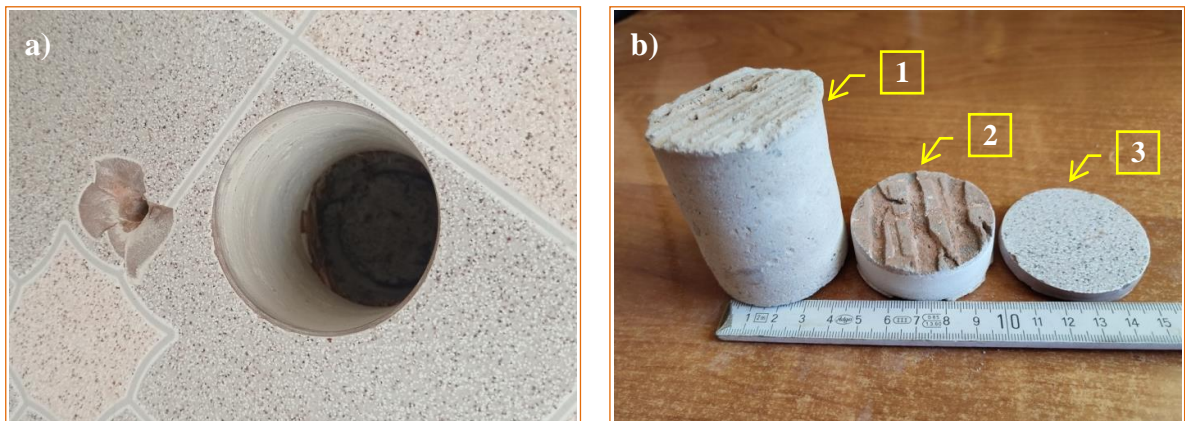
Konstrukcję oraz układ warstw stropu w obszarze pomieszczenia nr 4 usytuowanego na II piętrze Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie rozpoznano dwoma odwiertami rdzeniowymi o średnicy $53,5 \div 54,5$ mm (rys. 3.2, fot. 3.3) oraz pięcioma odkrywkami, których lokalizację przedstawiono na rys. 3.3 i fot. 3.4 ÷ 3.6. Odwierty rdzeniowe wykonano na sucho przy użyciu wiertnicy Tyrolit DME22SU wyposażonej w statyw DRA150 oraz koronowe wiertło diamentowe Premium UNC 1.1/4" o średnicy 62 mm. Odwierty rdzeniowe zrealizowano od strony pomieszczenia nr 4 (sala chorych) oraz sterowni (rys. 3.2), zaś układ belek stropowych i ich zbrojenie rozpoznano od strony sufitu pomieszczenia nr 5 (rys. 3.3, fot. 3.4 i 3.5). W celu ustalenia rodzaju i sposobu zbrojenia monolitycznych, jednoprzęsłowych podciągów spinających wieńce poprzecznych ścian nośnych, jedną z odkrywek wykonano w korytarzu komunikacyjnym w obszarze pomiędzy pomieszczeniami nr 4 i 5 (fot. 3.5). Podciągi te są obciążone w sposób pośredni reakcjami belek stropu DMS, których oddziaływanie może mieć wpływ na zmniejszenie nośności tych elementów.

Inwentaryzację układu konstrukcyjnego stropu nad I piętrzem w obszarze pomieszczenia nr 5 i przyległego do niego korytarza komunikacyjnego, przedstawiono na rys. 3.4. Z przeprowadzonych pomiarów oraz oględzin wynika, iż w obszarze tym wykonano gęstożebrowy, belkowo-pustakowy strop DMS o typowym osiowym rozstawie belek nośnych w wielkości 65 cm. Pod ściankami działowymi węzła sanitarnego zastosowano zmniejszony rozstaw belek

DMS wynoszący 35, 24 i 49 cm (rys. 3.4), między którymi wylano jednokierunkowo zbrojone pasma płyty o grubości 6 ÷ 8 cm.



Rys. 3.2. RZUT II PIĘTRA. Rozmieszczenie odwiertów rdzeniowych

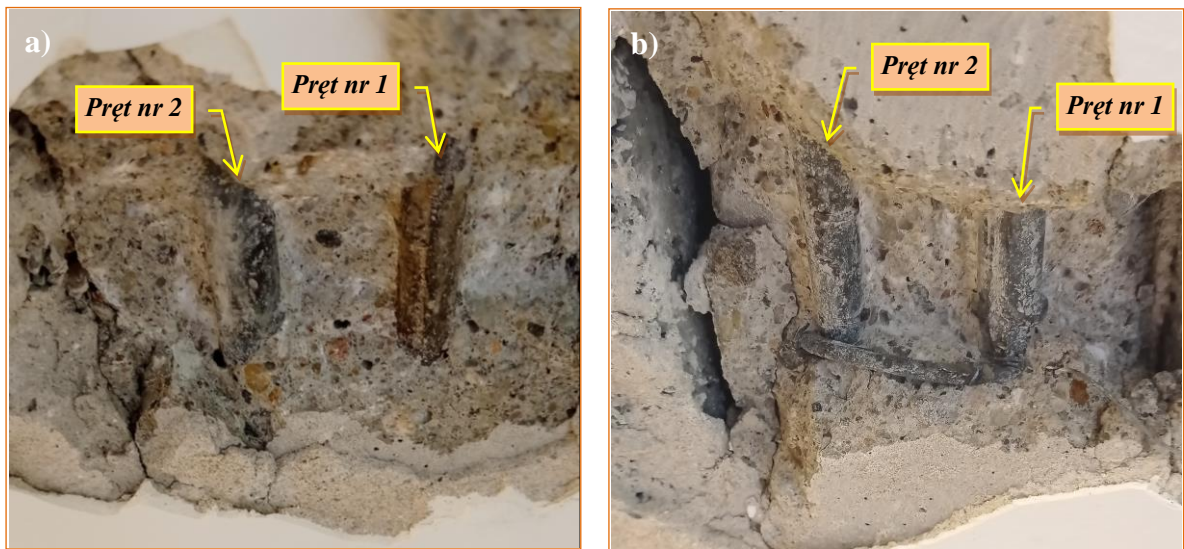


Fot. 3.3. Wycięte ze stropu nad I piętrzem odwierty rdzeniowe o średnicy 62 mm przedstawiające układ jego warstw: a), b) odwiert rdzeniowy nr 1 pobrany w usytuowanej na II piętrze sali chorych Nr 4, c) odwiert rdzeniowy nr 2 pobrany w pomieszczeniu sterowni:

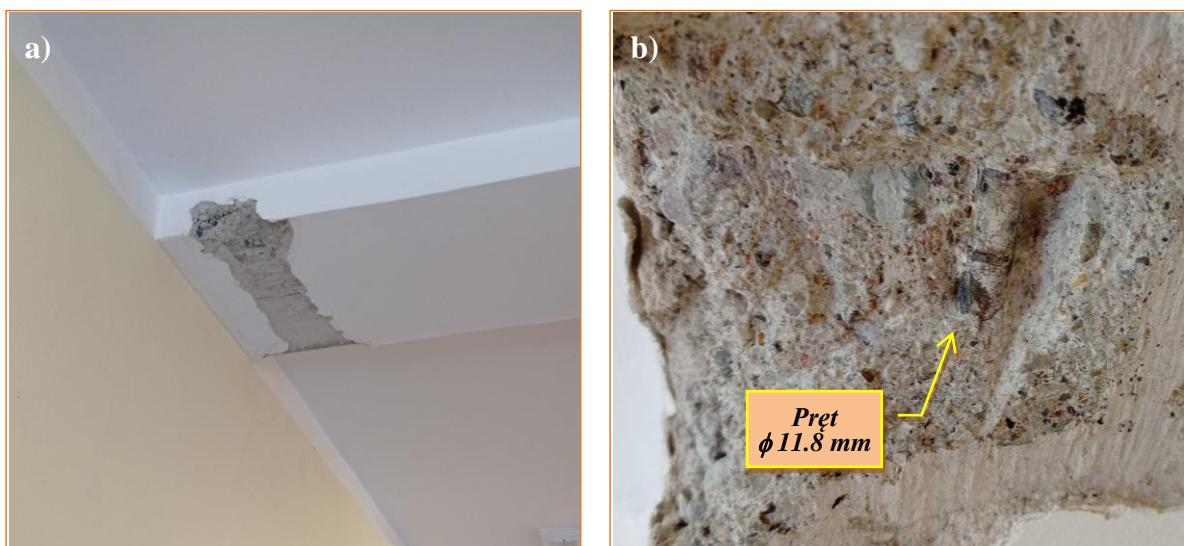
- 1 – jastrych cementowy gr. 67 ÷ 95 mm,
- 2 – warstwa wyrównawcza z klejem gr. 5 ÷ 18 mm,
- 3 – płytka ceramiczna gr. 8 mm.



Fot. 3.4. Odkrywki belek stropu DMS nad I piętrem w obszarze pomieszczenia Nr 5:
 a) odkrywki Nr 1 ÷ 3 wykonane w pobliżu poprzecznej ściany nośnej usytuowanej w osi „B”, b) odkrywka Nr 4 wykonana przy ścianie poprzecznej w osi „C”



Fot. 3.5. Odkrywki zbrojenia belek stropu DMS usytuowanego nad pomieszczeniem Nr 5 (piętro budynku): a) odkrywka Nr 1 – pręt żebrowany poprzecznie nr 1 – ϕ 11.9 mm, otulenie betonem 17 mm łącznie z 3 mm gładzią gipsową, pręt żebrowany poprzecznie nr 2 – ϕ 13.5 mm, otulenie 17,3 mm, b) odkrywka Nr 2 – pręt żebrowany nr 1 – ϕ 13.4 mm, otulenie betonem z gładzią 20 mm, pręt żebrowany nr 2 – ϕ 11.8 mm, otulenie 21 mm

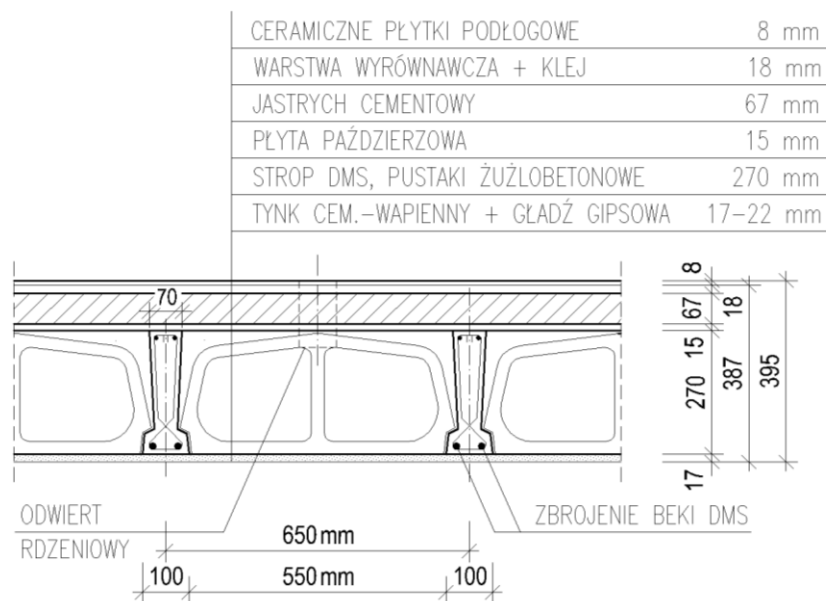


Fot. 3.6. Odkrywka Nr 5 zbrojenia jednoprzęsłowego podciągu korytarzowego, zbrojenie tego elementu wykonano ze stali żebrowanej poprzecznie (znaku 18G2) w postaci 4 prętów ϕ 11.8 mm, otulenie betonem 17 ÷ 23 mm łącznie z 3 mm gładzią gipsową

Przekrój poprzeczny stropu DMS oraz układ jego warstw stwierdzony w obszarze pomieszczenia Nr 4 przedstawiono na rys. 3.5.

Gęstość jastrychu ułożonego na warstwie płyty paździerzowej (odwiert Nr 1 – pomieszczenie Nr 4) lub bezpośrednio na stropie DMS (odwiert Nr 2 – sterowania) określono na

dwóch, wyciętych z górnych warstw stropu, odwiertach rdzeniowych (fot. 3.3). Pobrane rdzenie zostały przecięte tak, aby ich wysokość była równa średnicy wyciętego walca. Ostatecznie efektem tych prac było uzyskanie dwóch próbek walcowych o smukłości $h/d \approx 1$ przeznaczonych do badań gęstości oraz wytrzymałości na ściskanie. Badania gęstości jastrychu w stanie rzeczywistym przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12390-7:2001. Wymiary próbek określono przy użyciu suwmiarki o długości $L = 350$ mm z dokładnością do 0,1 mm (tablica 3.1). Średnicę próbek mierzono w połowie wysokości każdej z nich, w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach, natomiast ich wysokość wzdłuż trzech tworzących równomiernie rozmieszczonych na obwodzie co 120 stopni. Masę próbek określono z dokładnością do 1 g przy użyciu wagi elektronicznej AXIS o zakresie pomiaru $0 \div 15$ kg.



Rys. 3.5. Układ warstw stropu pomieszczenia nr 4, gdzie planowany jest montaż angiografu OEC 9900 Elite dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii

Tablica 3.1

Wyniki pomiarów średnicy i wysokości przyciętych z odwiertów rdzeniowych próbek walcowych

Numer próbki	Wyniki pomiarów średnicy próbek [mm]		Wartość średnia ϕ [mm]	Wyniki pomiarów wysokości próbek [mm]			Wartość średnia h [mm]
	ϕ_1	ϕ_2		h_1	h_2	h_3	
1	53,7	53,5	53,6	51,9	51,8	51,7	51,8
2	54,3	54,5	54,4	53,4	53,5	53,3	53,4

Próbka nr 1 – pomiary i badanie wytrzymałości wykonano w dniu 10.08.2022 r. $T = 23,5^\circ\text{C}$; $W = 64\%$
Próbka nr 2 – pomiary i badanie wytrzymałości wykonano w dniu 19.08.2022 r. $T = 27,0^\circ\text{C}$; $W = 70\%$

Rezultaty badań gęstości rzeczywistej warstwy jastrychu wykonanego na stropie pomieszczenia Nr 4 przedstawiono w tablicy 3.2.

Tablica 3.2

Wyniki badań gęstości jastrychu cementowego użytego do wykonania nadbetonu stropu DMS

Numer	Masa	Średnica	Wysokość	Objętość próbki	Gęstość warstwy [kg/m^3]
-------	------	----------	----------	-----------------	--

próbki	próbki m [kg]	próbki ϕ [mm]	próbki h [mm]	V [m ³]	$\gamma = m/V$	Wartość normowa
1	0,223	53,6	51,8	$1168,8 \times 10^{-7}$	1908	2100
2	0,259	54,4	53,4	$1241,1 \times 10^{-7}$	2087	2100

Uzyskane wyniki są nieco mniejsze od wartości podanych w starszej normie obciążeń PN-82/B-02001 oraz aktualnej PN-EN 1991-1-1 część 1. Gęstość próbki Nr 1 jest o 9,14% niższa od zalecanej w tych normach, gdzie przyjęto wartość 2100 kg/m³. Stan ten tłumaczyć należy użyciem do wykonania jastrychu kruszywa o frakcji piaskowej, którego maksymalne ziarno nie przekracza 4 mm (fot. 3.3b). Gęstość próbki Nr 2 pobranej w pomieszczeniu sterowni jest bliska wartości normowej. Jastrych ten został wykonany z innego kruszywa charakteryzującego się większym zróżnicowaniem wielkości ziaren (fot. 3.3c). Do dalszej analizy dla warstwy jastrychu ułożonego na stropie DMS pomieszczenia Nr 4 przyjęto gęstość w wielkości $\gamma = 2100 \text{ kg/m}^3$.

Badania wytrzymałości jastrychu na ściskanie przeprowadzono w Laboratorium Techniki Budowlanej Politechniki Koszalińskiej w maszynie wytrzymałościowej ETD 1600 posiadającej aktualne świadectwo wzorcowania. Zestawienie wyników tych badań przedstawiono w tablicy 3.3.

Wytrzymałość na ściskanie odwiertów rdzeniowych, odniesioną do próbek kostkowych o boku $b = 15 \text{ cm}$, obliczono przy zastosowaniu następujących przeliczników:

- $f_{\phi 5,4} = \alpha_{R,V} \cdot f_{\phi 10}$ – zależność pomiędzy wytrzymałością na ściskanie próbki walcowej $h = \phi = 54 \text{ mm}$ w stosunku do $h = \phi = 100 \text{ mm}$,
 - $\alpha_{R,V} = 0,833/0,873 = 0,95$ – współczynnik, którego wartość określono z krzywej korelacyjnej przedstawionej w czasopiśmie Drogownictwo nr 2/2011¹, opisującej związek pomiędzy wytrzymałością betonu na ściskanie do względnej miary objętości betonu w badanej próbce walcowej do próbki $h = \phi = 100 \text{ mm}$ (rys. 3.6),
 - $f_{\bar{d}}/f_{\phi} = 1,12$ – wg prof. B. Bukowskiego², przy $b = \phi$,
 - $f_{\bar{d}15} = 0,9 f_{\bar{d}10} \rightarrow f_{\bar{d}15} = 0,9 \times 1,12 \times f_{\phi 10} = 0,95 f_{\phi 5,4}$ ³,
- f_{ϕ} – wytrzymałość na ściskanie betonu określona na próbkach walcowych,
 $f_{\bar{d}}$ – wytrzymałość na ściskanie betonu określona na próbkach sześciennych.

Ocenę klasy wytrzymałości badanych próbek przeprowadzono przy wykorzystaniu procedur kwalifikacyjnych zamieszczonych w starej normie PN-B-06250:1988⁴ oraz aktualnej PN-EN 12390-3:2002. Obie badane próbki rdzeniowe spełniały wymagania w zakresie tolerancji wymiarowej podanej w normie PN-EN 12390-1:2001⁵ oraz dolnej granicy stosunku $h/d > 0,95$ (wysokości próbki do jej średnicy) i uległy zniszczeniu w postaci obwodowo rozmieszczonych spękań na kierunku działającego obciążenia, które zgodnie z normą PN-EN

¹ Karaś S., Miśkiewicz R.: Ocena wytrzymałości betonu według normy PN-EN 13791:2008. Drogownictwo nr 2/2011

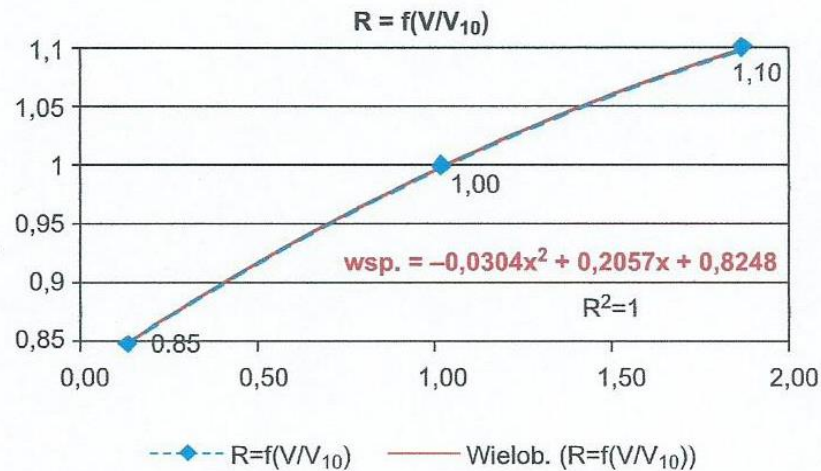
² Praca zbiorowa: Budownictwo Betonowe tom I, cz. 2. Technologia Betonu. Arkady, Warszawa 1972

³ Relacja wytrzymałości odpowiada wskazaniu normy PN-EN 13791:2008, pkt. 7.1: „badanie odwiertu o długości równej nominalnej średnicy, wynoszącej 100 mm, daje wartości wytrzymałości, która odpowiada wytrzymałości próbki sześciennnej o boku 150 mm, wykonanej i dojrzewającej w tych samych warunkach”

⁴ PN-B-06250:1988. Beton zwykły

⁵ PN-EN 12390-1:2001. Badania betonu. Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form

12390-3:2002⁶ uznawane są za prawidłowy model zniszczenia tego rodzaju elementów. Wyniki przeprowadzonej oceny przedstawiono w tablicy 3.3.



$$V_{5,4} = 0,25 \pi d^2 h = 0,25 \cdot \pi \cdot 5,4^3 = 123,67 \text{ cm}^3,$$

$$V_{16} = 0,25 \cdot \pi \cdot 16^3 = 3216,99 \text{ cm}^3 ; V_{5,4}/V_{16} = 0,0384 ,$$

$$V_{10} = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^3 = 785,39 \text{ cm}^3 ; V_{10}/V_{16} = 0,244 ,$$

$$wsp. = -0,0304 \cdot 0,0384^2 + 0,2057 \cdot 0,0384 + 0,8248 = 0,833 ,$$

$$wsp. = -0,0304 \cdot 0,244^2 + 0,2057 \cdot 0,244 + 0,8248 = 0,873 ,$$

$$\alpha_{R,V} = 0,833/0,873 = 0,95 - \text{przelicznik między próbką } \phi 54 \text{ oraz } \phi 100$$

Rys. 3.6. Krzywa korelacji wytrzymałości betonu na ściskanie do względnej miary objętości betonu w próbkach walcowych do próbki o wymiarach $h = \phi = 100 \text{ mm}$

Tablica 3.3

Wyniki badań wytrzymałości jastrychu cementowego na ściskanie

Oznaczenie próbki	Wiek betonu [dni]	Obciążenie niszczące F_i [kN]	Pole powierzchni próbki A_i [cm ²]	Wytrzymałość na ściskanie $f_{ci} = F_i/A_i$ [MPa]	Klasa wytrzymałości
1	> 21.000	30,1	22,56	13,34	C10/12,5
2	> 21.000	23,9	23,24	10,28	< C10/12,5
$f_{\phi 15} = 0,95 f_{\phi 5,4} = 0,95 \cdot 13,34 = 12,6 \text{ MPa}$ – wytrzymałość na ściskanie kostki o boku 15 cm $f_{c,cube}^G = 0,80 f_{\phi 15} = 0,80 \cdot 12,6 = 10,1 \text{ MPa}$ – wytrzymałość na ściskanie próbki cylindrycznej					

Uwaga: Zgodnie z definicją normową klasy betonu, możliwe – i poprawne – jest przyjmowanie oznaczeń klas, poza standardowymi klasami określonymi w normie, np. B12,6 co ma istotne znaczenie przy ocenie betonu już wykonanego.

Uzyskana klasa C10/12,5 według PN-EN 206-1:2014-04⁷ odpowiada klasie B12,5 według PN-B-06250:1988.

Odkrywki belek nośnych DMS oraz jednoprzęsłowego podciągu korytarzowego stropu nad I piętrzem oddziału Kardiologii wykazały, iż zbrojenie tych elementów wykonano ze stali

⁶ PN-EN 12390-3:2001. Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania

⁷ PN-EN 206-1:2014-04 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność

okrągłej, żebrowanej poprzecznie znaku 18G2 o wytrzymałości charakterystycznej $R_{ak} = 355$ MPa (f_{yk} – aktualne oznaczenie wg PN-EN 1992-1-1⁸). W belkach opiniowanego stropu zastosowano dołem dwie średnice zbrojenia w liczbie dwóch prętów na jeden element, tj.:

- ϕ 11,7 mm (średnica pomierzona 11,7 ÷ 11,9 mm) o przekroju $F_a = A_s = 1,08$ cm², przy średniej grubości otulenia zbrojenia betonem wraz z 3 mm gładzią gipsową w wielkości 17,3 ÷ 21 mm,
- ϕ 13,3 mm (średnica pomierzona 13,4 ÷ 13,5 mm) o przekroju $F_a = 1,39$ cm², przy średniej grubości otulenia zbrojenia betonem wraz z gładzią w wielkości 17 ÷ 20 mm.

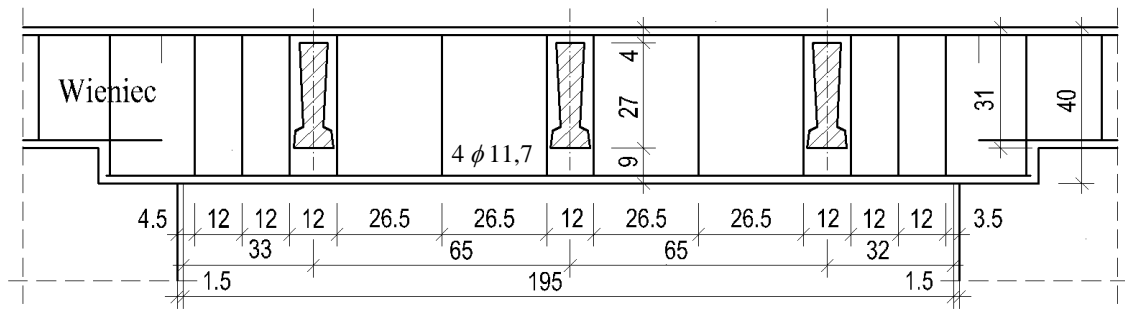
Nominalną grubość otulenia betonem zbrojenia belek nośnych analizowanego stropu DMS przyjęto w wielkości:

$$c_{nom} = \sum \frac{c_i}{n} - c_g = \frac{17,3 + 21 + 17 + 20 + 18}{5} - 3 \cong 15,6 \text{ mm} .$$

Zgodnie z tablicą 8.26 *Poradnika inżyniera i technika...* [1.12.1] górne zbrojenie belki Nr 8 stropu DMS – o nośności zbrojenia przęsłowego ze stali St0S (1 ϕ 14 + 1 ϕ 16) równoważnej nośności prętów wykonanych ze stali 18G2 (1 ϕ 11,7 + 1 ϕ 13,3) – stanowi jeden pręt ϕ 8 o przekroju $F_a = 0,50$ cm² wykonany ze stali o granicy plastyczności $Q_r = 2500$ kG/cm². Nie można przy tym wykluczyć, iż pręt ten analogicznie jak zbrojenie dolne został wykonany ze stali 18G2. Zbrojenie poprzeczne belek Nr 8 stanowią dwuramienne strzemiona ϕ 4,5 ze stali o granicy plastyczności $Q_r = 2500$ kG/cm², rozmieszczone co 25 cm w środkowej części belki o długości 3,60 m oraz co 10 cm w strefach przypodporowych o długości 60 cm. Przy rozpiętości osiowej poprzecznych ścian nośnych $L = 4,80$ m strop ten powinien posiadać co najmniej jedno żebro rozdzielcze zbrojone górami i dołem jednym prętem ϕ 8 mm (stal St0S).

Objęty oceną podciąg korytarzowy (rys. 3.3, fot. 3.6) o przekroju $b \times h = 40 \times 40$ cm (bez tynku) oraz rozpiętości w świetle ścian nośnych $L_n = 1,95$ m (z tynkiem), zbrojony jest dołem czterema prętami ϕ 11,7 o łącznym przekroju $F_a = 4 \times 1,08 = 4,32$ cm² (stal żebrowana znaku 18G2). Otulenie zbrojenia betonem łącznie z 3 mm gładzią gipsową kształtuje się w wielkości 17 ÷ 22 mm ($c_{nom} = 18$ mm). Zbrojenie górne to dwa lub cztery pręty ϕ 8 ze stali St0S, strzemiona dwu lub czteroramienne ϕ 4,5 mm (stal St0S) w rozstawie co 12 cm w strefach przypodporowych oraz co 26,5 cm w pozostałym obszarze. Końce współosiowo rozmieszczonych belek DMS zakotwiono w podciągach korytarzowych 9,0 cm powyżej ich dolnej powierzchni (rys. 3.7). Z obu stron każdej belki DMS zastosowano zbrojenie podwieszające w postaci strzemion ϕ 4,5 rozsuniętych o 12 cm. Podciągi te wykonano z betonu $R_w = 200$ kG/cm², który aktualnie pod względem wytrzymałościowym odpowiada klasie B20 (C16/20).

⁸ PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków



Rys. 3.7. Geometria, zbrojenie oraz sposób oparcia belek nośnych stropu DMS na jednoprzęsłowym podciągu korytarzowym

Podsumowanie: Stan techniczny wbudowanego zbrojenia ocenia się, jako dobry. Pręty zbrojeniowe wykazują lokalne, niezbyt rozległe ślady korozji powierzchniowej, natomiast nie stwierdzono korozji wżerowej.

Stan techniczny belek DMS oraz żużłobetonowych pustaków stropowych ocenia się, jako zadowalający. Beton użyty do wykonania belek nośnych stropu pod względem wytrzymałościowym odpowiada aktualnie klasie B25 wg polskich norm PN, czyli C20/25 wg norm PN-EN. Warstwa jastrychu cementowego o grub. 65 mm pod względem wytrzymałościowym odpowiada klasie B12,5. Jastrych ten nie współpracuje z belkami nośnymi stropu w przenoszeniu obciążeń zewnętrznych, gdyż został on oddzielony od konstrukcji stropu warstwą płyty paździerzowej, której aktualna grubość wynosi 15 mm. Warstwa ta jest elementem rozkładającym obciążenia skupione na większą powierzchnię tarczy stropu.

Opiniowany strop nie wykazuje nadmiernych ugięć świadczących o jego przeciążeniu. Na gładzi gipsowej stanowiącej wykończenie sufitowej powierzchni stropu zauważono nieznaczne, niewielkie zarysowania o szerokości rozwarcia $0,05 \div 0,10$ mm. Zarysowania te nie stanowią zagrożenia dla dalszej bezpiecznej eksploatacji stropu i są normalnym objawem zjawiska klawiszowania stropu DMS, który nie posiada nadbetonu umonolityczniającego zapewniającego jego współpracę z belkami nośnymi stropu. W tym przypadku część tej funkcji pełni wcześniej wspomniany jastrych cementowy.

Zgodnie z oczekiwaniami oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie w pomieszczeniu Nr 4 usytuowanym na II piętrze budynku „K” przewiduje się instalację angiografu OEC 9900 Elite dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii. Aktualnie pomieszczenie to pełni funkcję sali chorych (fot. 3.7). Sala ta przylega bezpośrednio do pomieszczenia sterowni (fot. 3.8), które jest funkcjonalnie powiązane z położoną w północno-zachodniej części budynku salą operacyjną wyposażoną w angiograf OEC 9900 Elite (fot. 3.9).



Fot. 3.7. *Przewidziana do adaptacji na potrzeby Pracowni Elektrofizjologii sala chorych Nr 4: a) ogólny widok pomieszczenia od strony wejścia, b) widok węzła sanitarnego oraz ściany korytarzowej z wejściem*



Fot. 3.8. *Usytuowane na II piętrze w bezpośrednim sąsiedztwie sali chorych Nr 4 oddziału Kardiologii pomieszczenie sterowni*



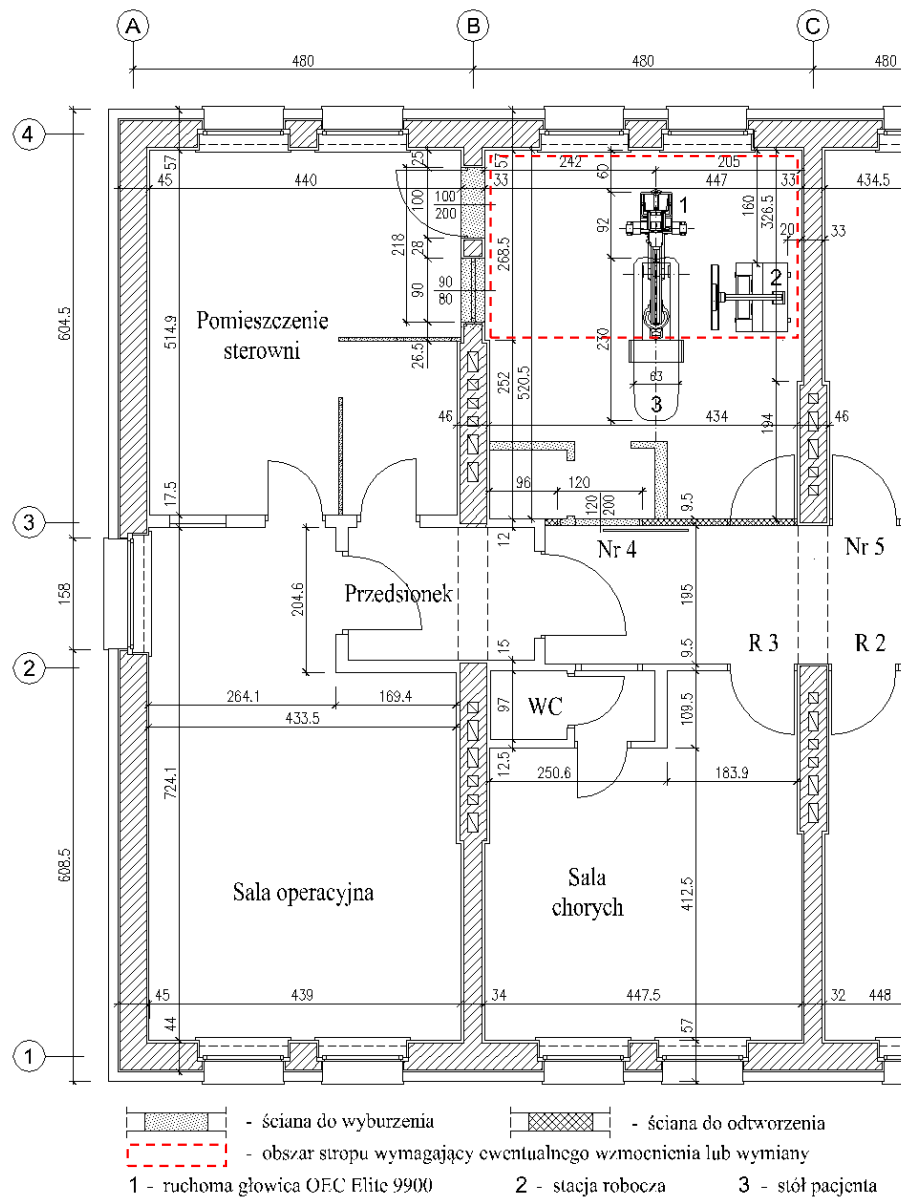
Fot. 3.9. *Zlokalizowana na II piętrze północno-zachodniej części oddziału Kardiologii sala operacyjna: a) ogólny widok pomieszczenia od strony wejścia, b) widok starszej wersji angiografu OEC 9900 Elite (rok produkcji 2013), stacji roboczej oraz stołu pacjenta*

Przystosowanie pomieszczenia Nr 4 dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii wymaga wykonania następującego zakresu prac przygotowawczych i adaptacyjno-remontowych:

- wykonanie przegród budowlanych i innych elementów pomieszczenia, które będą wymagały wykonania stałych osłon przed szkodliwym promieniowaniem jonizującym,
- rozbiórki ścian działowych węzła sanitarnego oraz ściany korytarzowej,
- wykonania nowej ściany korytarzowej z otworem o szerokości 120 cm wyposażonym w przesuwne skrzydło drzwiowe z osłoną przeciw promieniowaniu jonizującemu, otwierane automatycznie na przycisk łokciowy,
- w ścianie oddzielającej sterownię od pomieszczenia Nr 4 konieczne będzie wykonanie otworu drzwiowego o szerokości min. 90 cm oraz okna o wymiarach $L \times h = 90 \times 80$ cm wyposażonego w szybę ze stopem ołowiu, umożliwiającą obserwację badanego pacjenta,
- ewentualnego wzmocnienia lub częściowej wymiany istniejącego stropu DMS w sytuacji gdyby okazało się, że jego nośność jest niewystarczająca do przeniesienia zwiększonych obciążeń eksploatacyjnych, obszar stropu kwalifikujący się do ewentualnego wzmocnienia lub wymiany przedstawiono na rys. 3.8.

Proponowane usytuowanie angiografu OEC 9900 Elite Mobile C-arm (12'', 31 cm I.I.), stołu zabiegowego, stacji roboczej z monitorem oraz lokalizację dwóch otworów drzwiowych, okna obserwacji pacjenta i obszaru stropu kwalifikującego się do ewentualnego wzmocnienia lub wymiany przedstawiono na rys. 3.8.

Oddział Kardiologii



Rys. 3.8. Proponowane usytuowanie angiografu OEC 9900 Elite, stołu zabiegowego, stacji roboczej z monitorem, otworów drzwiowych, okna obserwacji pacjenta oraz lokalizacja obszaru stropu kwalifikującego się do ewentualnego wzmocnienia lub wymiany

Podstawowe parametry charakteryzujące geometrię oraz ciężar angiografu OEC 9900 Elite, stacji roboczej i stołu zabiegowego przedstawiono w tabelicy 3.4.

Tablica 3.4

Podstawowe parametry charakteryzujące geometrię oraz ciężar elementów angiografu OEC 9900 Elite C-arm 12" I.I. (31 cm) oraz stołu zabiegowego

Rodzaj elementu	Mobile C-arm 12" I.I. (31 cm)		Motorized C-arm 12" I.I. (31 cm)		
	Wymiary [mm]	Masa [kg]	Wymiary [mm]	Masa [kg]	
Główna rama angiografu	Długość	2057	299	Długość	2108
	Szerokość	851		Szerokość	851
	Wysokość	1875		Wysokość	1864
					318

	Rozstaw kół przednich	210 mm	Rozstaw kół przednich	210 mm	
	Rozstaw kół tylnych	750 mm	Rozstaw kół tylnych	750 mm	
	Podłużny rozstaw osi kół	640 mm	Podłużny rozstaw osi kół	640 mm	
Stacja robocza z monitorem	Długość	965	240	Długość	965
	Szerokość	693		Szerokość	693
	Wysokość	1753		Wysokość	1753
	Rozstaw kół poprzeczny	560 mm	Rozstaw kół poprzeczny	560 mm	
	Rozstaw kół podłużny	590 mm	Rozstaw kół podłużny	590 mm	
Stół zabiegowy	Wymiary [mm]			Masa z pacjentem [kg]	
	Długość	2200		300	
	Szerokość	630			
	Wysokość	690 ÷ 990			
	Roz. podpór poprzeczny	230/420			
	Roz. podpór podłużny	760			

4. Obliczenia sprawdzające

Obliczenia sprawdzające stropu nad I piętrzem w obszarze pomieszczenia Nr 4, które przewidziano do przystosowania dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie, przeprowadzono przy uwzględnieniu następujących założeń:

- rozpiętość stropu określono w świetle poprzecznych ścian nośnych poprzez pomiar w naturze wykonany w obszarze sali chorych Nr 5 usytuowanej na piętrze budynku (rys. 3.4):
 $l_n = 444 + 2 \times 4,5 = 453 \text{ cm}$ – rozpiętość stropu w świetle surowych ścian nośnych,
 $l_{ef} = l_n + a = 453 + 10 = 463 \text{ cm}$ – rozpiętość stropu w schemacie wolnopodpartym,
- obliczeniową wysokość stropu DMS określono dla średniej grubości otulenia zbrojenia betonem wynoszącej: $a_l = c_{nom} + 0,5(\phi_1 + \phi_2) = 15,6 + 0,5 \times (11,7 + 13,3) = 28 \text{ mm}$ stąd $d = h - a_l = 270 - 28 = 242 \text{ mm}$,
- obliczenia przeprowadzono dla zbrojenia $1 \phi 11,7 + 1 \phi 13,3 \text{ mm}$ o $F_a = 1,08 + 1,39 = 2,47 \text{ cm}^2$, którego średnicę określono poprzez pomiar w naturze,
- charakterystykę wytrzymałościową stali ustalono na podstawie oględzin jej specyficznego uźebrowania, które wykazało, iż jest to stal znaku 18G2 o następujących parametrach:

$$Q_r = 3600 \text{ kG/cm}^2 \text{ – wg PN-B-03260:1956}^9,$$

$$R_{ak} = 355 \text{ MPa} ; R_a = 310 \text{ MPa} \text{ – wg PN-84/B-03264}^{10},$$

- charakterystyki wytrzymałościowe betonu użytego do wykonania belek DMS przyjęto zgodne z normą PN-B-82410:1958¹¹ oraz PN-84/B-03264 na podstawie oględzin betonu w czterech odkrywkach zbrojenia wykonanych od strony sali chorych Nr 5 usytuowanej na piętrze budynku:
 - belki stropu, stan pierwotny:

$$R_w = 200 \text{ kG/cm}^2 ; R_m = 180 \text{ kG/cm}^2 ; R_r = 17,5 \text{ kG/cm}^2,$$

⁹ PN-B-03260:1956. Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

¹⁰ PN-B-03264:1984. Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

¹¹ PN-B-82410:1958. Stropy żelbetowe z gotowych elementów DMS. Belki

- belki stropu, stan obecny:
B25 ; $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$; $R_b = 14,3 \text{ MPa}$ – czyli C20/25 wg polskich norm PN-EN,
- ocenę nośności belek DMS przeprowadzono jak dla przekroju prostokątnego o następującej geometrii: $b_w = 5 \div 7 \text{ cm}$; $b_{ef,d} = 10 \text{ cm}$; $h_{f,d} = 5,5 \text{ cm}$; $h = 27 \text{ cm}$; $d = 24,2 \text{ cm}$,
- warstwę jastrychu cementowego o grub. 65 mm i wytrzymałości na ściskanie odpowiadającej klasie B12,5 potraktowano jako element rozpraszający obciążenia skupione na większą liczbę belek nośnych stropu,
- w obliczeniach pominięto możliwość uwzględnienia częściowego zamocowania belek DMS w ścianach nośnych budynku z uwagi na brak informacji dotyczącej średnicy oraz znaku stali z której wykonano ewentualne, górne zbrojenia uciągające.

4.1. Nośność stropu sali chorych nr 4 z uwagi na zginanie

❖ Zestawienie obciążeń:

– ceramiczne płytki podłogowe grub. 8 mm	$0,008 \times 24,0 = 0,192 \text{ kN/m}^2$
– warstwa wyrównawcza + klej grub. 18 mm	$0,018 \times 21,0 = 0,378 \text{ kN/m}^2$
– jastrych cementowy grub. 65 mm	$0,065 \times 21,0 = 1,365 \text{ kN/m}^2$
– warstwa płyty paździerzowej grub. 15 mm	$0,015 \times 6,0 = 0,090 \text{ kN/m}^2$
– strop DMS o rozstawie belek nośnych 65 cm	$2,750 \text{ kN/m}^2$
– tynk cementowo-wapienny grub. 16 mm + gładź gipsowa grub. 3 mm	$0,016 \times 19,0 + 0,003 \times 10,0 = 0,334 \text{ kN/m}^2$
	Razem: $g_1 = 5,109 \text{ kN/m}^2$

Charakterystyczny ciężar własny stropu z warstwami wykończeniowymi przypadający na jedno żebro:

$$g_k = 0,65 \times 5,11 = 3,32 \text{ kN/m}.$$

❖ Nośność z uwagi na zginanie

- **Stan obecny** – beton belek DMS $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$, stal żebrowana znaku 18G2 – 1 ϕ 11,7 + 1 ϕ 13,3 mm o $F_a = 1,08 + 1,39 = 2,47 \text{ cm}^2$, $R_{ak} = 355 \text{ MPa}$

Wysokość strefy ściskanej:

$$x = \frac{F_a \cdot R_{ak}}{b_w \cdot R_{bk}} = \frac{2,47 \cdot 355}{7 \cdot 18,6} = 6,73 \text{ cm} ,$$

charakterystyczna nośność przekroju na zginanie obliczona jak dla belki wolnopodpartej:

$$M_{Rk1} = F_a \cdot R_{ak} \cdot (d - 0,5 x) = 2,47 \cdot 355 \cdot (24,2 - 0,5 \cdot 6,73) \cdot 10^{-3} ,$$

$$M_{Rk1} = 18,27 \text{ kN} \cdot \text{m} .$$

- **Stan pierwotny** – beton belek stropu $R_w = 200 \text{ kG/cm}^2$, $R_m = 180 \text{ kG/cm}^2$, zbrojenie ze stali znaku 18G2 – 1 ϕ 11,7 + 1 ϕ 13,3 mm o $F_a = 2,47 \text{ cm}^2$, $Q_r = 3600 \text{ kG/cm}^2$

Wysokość strefy ściskanej:

$$x = \frac{F_a \cdot Q_r}{b_w \cdot R_m} = \frac{2,47 \cdot 3600}{7 \cdot 180} = 7,06 \text{ cm} ,$$

nośność charakterystyczna przekroju na zginanie:

$$M_{Rk2} = F_a \cdot Q_r \cdot (d - 0,5 x) = 2,47 \cdot 360 \cdot (24,2 - 0,5 \cdot 7,06) \cdot 10^{-3},$$

$$M_{Rk2} = 18,38 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Uwaga: Wyniki nośności na zginanie obliczone dla stanu obecnego i pierwotnego są niemal identyczne. Różnica między nimi wynosi zaledwie $\Delta = 100 \cdot (18,29 - 18,18) : 18,18 = 0,61\%$ i jest ona przede wszystkim rezultatem tego, że tą samą stal znaku 18G2 charakteryzowano dawniej granicą plastyczności $Q_r = 3600 \text{ kG/cm}^2$ (360 MPa) a współcześnie charakterystyczną granicą plastyczności $R_{ak} = f_{yk} = 355 \text{ MPa}$. Sam przyrost wytrzymałości betonu w czasie nie ma tu istotnego wpływu na nośność przekroju z uwagi na zginanie, natomiast ma wymierne znaczenie w ocenie nośności strefy przypodporowej.

- Momenty zginające od obciążeń charakterystycznych dla schematu belki swobodnie podpartej

Moment zginający od równomiernie rozłożonych charakterystycznych obciążeń stałych:

$$M_{Ek,lt} = 0,125 g_k \cdot l_{ef}^2 = 0,125 \cdot 3,32 \cdot 4,63^2 = 8,89 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

moment zginający od charakterystycznych obciążeń całkowitych:

$$M_{Ek} = 0,125 (g_k + 0,65 q_k) \cdot l_{ef}^2,$$

$$M_{Ek} = 0,125 \cdot (3,32 + 0,65 q_k) \cdot 4,63^2 = 8,89 + 1,74 q_k.$$

❖ Dopuszczalne charakterystyczne obciążenie użytkowe w ujęciu globalnego współczynnika pewności

Wartość charakterystycznego obciążenia użytkowego określono z zależności:

$$M_{Ek} \cdot s \leq M_{Rk} \quad ; \quad 8,89 + 1,74 q_k \leq M_{Rk} / s,$$

która po przekształceniu przyjmuje postać:

$$q_k \leq \left(\frac{M_{Rk}}{s} - 8,89 \right) / 1,74,$$

gdzie: M_{Rk} – nośność charakterystyczna przekroju na zginanie,

M_{Ek} – moment zginający wywołany charakterystycznym obciążeniem stałym lub całkowitym, wyznaczony z uwzględnieniem wpływu częściowego zamocowania.

Dopuszczalne wartości charakterystycznego obciążenia użytkowego q_k opiniowanego stropu DMS wyznaczone dla dwóch wielkości globalnego współczynnika bezpieczeństwa $s = 1,6$ oraz $1,5$ zestawiono w tablicy 4.1.

Tablica 4.1

Dopuszczalne obciążenie użytkowe stropu z uwagi na zginanie w ujęciu globalnego współczynnika pewności

Analizowana sytuacja obliczeniowa	Charakterystyczna wartość obciążenia użytkowego q_k [kN/m ²]	
	Dla współczynnika $s = 1,6$	Dla współczynnika $s = 1,5$
Stan obecny	$q_k \leq (18,27/1,6 - 8,89) : 1,74 = \mathbf{1,45}$	$q_k \leq (18,27/1,5 - 8,89) : 1,74 = \mathbf{1,89}$
Stan pierwotny	$q_k \leq (18,38/1,6 - 8,89) : 1,74 = \mathbf{1,49}$	$q_k \leq (18,38/1,5 - 8,89) : 1,74 = \mathbf{1,93}$

W prawidłowo zaprojektowanym wg polskich norm PN i wykonanym stropie, globalny współczynnik bezpieczeństwa powinien być nie mniejszy niż $s = 1,5$ – dla $W_p / W_g \leq 2$, gdzie: W_p – wpływ obciążeń zmiennych, W_g – wpływ obciążeń stałych.

Do dalszych obliczeń charakterystyczną wartość obciążenia użytkowego przyjęto w wielkości $q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$.

4.2. Bezpieczeństwo stropu sali chorych nr 4 z uwagi na ścinanie

Globalny współczynnik bezpieczeństwa z uwagi na ścinanie dla obciążeń stałych i całkowitych wyznaczono dla następujących danych: B25 ; $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$; $R_b = 14,3 \text{ MPa}$; $R_{bzk} = 1,55 \text{ MPa}$; $R_{bz} = 1,03 \text{ MPa}$; $b_w = 5,0 \text{ cm}$; $d = 24,2 \text{ cm}$; $l_{ef} = 4,63 \text{ m}$; $g_k = 3,32 \text{ kN/m}$; $q_k = 0,65 \times 1,80 = 1,17 \text{ kN/m}^2$; $\beta_s = 0,15$.

Siła poprzeczna od charakterystycznych obciążeń stałych oraz całkowitych:

$$V_{k,lt} = 0,5 g_k l_{ef} = 0,5 \cdot 3,32 \cdot 4,63 = 7,69 \text{ kN},$$

$$V_k = 0,5 (g_k + q_k) l_{ef} = 0,5 \cdot (3,32 + 1,17) \cdot 4,63 = 10,39 \text{ kN}.$$

Nośność stropu z uwagi na ścinanie ze zbrojeniem poprzecznym w postaci strzemion:

$$V_R = 2 \sqrt{\beta_s \cdot R_b \cdot b_w \cdot d^2 \cdot q_s} - R_{as} \cdot F_s,$$

dla betonu klasy B25, strzemion dwuramiennych $\phi 4,5$ o $f_s = 0,16 \text{ cm}^2$ w rozstawie co 10 cm wykonanych ze stali klasy A-0 (St0S, $R_{ak} = 210 \text{ MPa}$), otrzymano ostatecznie:

$$q_s = \frac{R_{as} \cdot m_s \cdot f_s}{s} = \frac{0,8 \cdot 19,0 \cdot 2 \cdot 0,16}{10} = 0,486 \text{ kN/cm},$$

$$V_R = 2 \sqrt{0,15 \cdot 1,43 \cdot 5,0 \cdot 24,2^2 \cdot 0,486} - 0,8 \cdot 19,0 \cdot 2 \cdot 0,16 = 30,07 \text{ kN}.$$

Uzyskane wartości globalnego współczynnika bezpieczeństwa stropu z uwagi na ścinanie przedstawiono w tablicy 4.2.

Tablica 4.2

Bezpieczeństwo analizowanego stropu z uwagi na ścinanie

Analizowana sytuacja obliczeniowa	Wartość globalnego współczynnika bezpieczeństwa	
	Dla obciążeń stałych	Dla obciążeń całkowitych
Stan obecny	$s = 30,07/7,69 = \mathbf{3,9}$	$s = 30,07/10,39 = \mathbf{2,8}$
$V = 0,75 R_{bz} b_w d = 0,75 \cdot 1,03 \cdot 5 \cdot 24,2 \cdot 10^{-1} = 9,35 \text{ kN} < V = 1,2 \cdot 10,39 = 12,47 \text{ kN}$ – siła poprzeczna przenoszona przez przekrój żelbetowy bez zbrojenia poprzecznego. Zgodnie z polskimi normami PN globalny współczynnik bezpieczeństwa z uwagi na ścinanie powinien być nie mniejszy niż $s_1 = 2,0$ – dla $W_p / W_g \leq 2$.		

Uwaga: Przeprowadzone obliczenia sprawdzające wykazały, iż w aktualnym stanie opiniony strop poza ciężarem własnym może bezpiecznie przenosić charakterystyczne obciążenie użytkowe w wielkości $q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$, tj. 180 kg/m^2 .

4.3. Ocena rysoodporności oraz ugięcia stropu sali nr 4

Szerokość rozwarcia rys prostopadłych przed obciążeniem stropu DMS angiografem OEC 9900 Elite określono w programie „RYSUG 2” dla następujących danych:

Beton klasy B25: $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$; $R_{bzk} = 1,55 \text{ MPa}$; $E_b = 30 \cdot 10^3 \text{ MPa}$.

Stal 18G2: $R_{ak} = 355 \text{ MPa}$; $E_a = 210 \cdot 10^3 \text{ MPa}$; zbrojenie $1 \phi 11,7 + 1 \phi 13,3 \text{ mm}$ o $F_a = 2,47 \text{ cm}^2$; $F_{ac} = 0,5 \text{ cm}^2$; geometria przekroju: $b_w \times h = 6,5 \times 27 \text{ cm}$; $b_{ef,d} \times h_{f,d} = 9,5 \times 5,5 \text{ cm}$; $a_1 = 2,8 \text{ cm}$; $a_2 = 1,4 \text{ cm}$; $d = 27 - 2,8 = 24,2 \text{ cm}$.

Obliczenia przeprowadzono jak dla stropu swobodnie podpartego biorąc pod uwagę całkowite, charakterystyczne obciążenia stałe ($g_k = 3,32 \text{ kN/m}$) oraz część długotrwałą obciążenia zmiennego ($q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$; $\Psi_d = 0,5$ – wg PN-82/B-02003¹²):

$$q = g_k + \Psi_d \cdot q_k = 3,32 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,80 = 3,91 \text{ kN/m} ,$$

charakterystyczna wartość maksymalnego momentu przeszłowego:

$$M_c = 0,125 \cdot (g_k + \Psi_d \cdot q_k) \cdot l_{ef}^2 ,$$

$$M_c = 0,125 \cdot (3,32 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,80) \cdot 4,63^2 = 10,46 \text{ kN} \cdot \text{m} .$$

Wyniki obliczeń szerokości rozwarcia rys prostopadłych wg programu „RYSUG 2”:

- sprężysto-plastyczny wskaźnik przekroju $W_{fp} = 2432,1 \text{ cm}^3$,
- moment rysujący $M_{fp} = W_{fp} \cdot R_{bzk} = 2432,1 \cdot 1,55 \cdot 10^{-3} = 3,769 \text{ kN} \cdot \text{m}$,
- odległość między rysami prostopadłymi $l_f = 6,91 \text{ cm}$,
- ramię sił wewnętrznych w przekroju zarysowanym $z_f = 21,7 \text{ cm}$,
- naprężenia w zbrojeniu rozciągającym w przekroju przez rysę $\sigma_a = 195,2 \text{ MPa}$,
- współczynnik wyrażający stosunek naprężeń w zbrojeniu rozciągającym na odcinku między rysami do naprężeń w zbrojeniu w przekroju przez rysę $\Psi_a = 1,0$,
- średnia szerokość rozwarcia rys prostopadłych $a_{sr} = 0,064 \text{ mm}$,
- współczynnik wyrażający stosunek rysy o maksymalnej szerokości rozwarcia do rysy średniej $k_f = 1,929$,
- maksymalna szerokość rozwarcia rys prostopadłych

$$a_f = k_f \cdot a_{sr} = 1,929 \cdot 0,064 = 0,12 \text{ mm} < a_{dop} = 0,30 \text{ mm} ,$$

warunek został spełniony.

❖ Ugięcie stropu dla obciążenia użytkowego $q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$

Ugięcie stropu – podobnie jak szerokość rozwarcia rys prostopadłych – określono przy wykorzystaniu programu „RYSUG 2”:

- Maksymalny moment zginający od charakterystycznych obciążeń równomiernie rozłożonych długo i krótkotrwałych oraz całkowitych:

$$M_{k(d)} = 0,125 \cdot g_k \cdot l_{ef}^2 = 0,125 \cdot 3,32 \cdot 4,63^2 = 8,89 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M_{k(k)} = 0,125 \cdot \Psi_d \cdot q_k \cdot l_{ef}^2 = 0,125 \cdot 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,80 \cdot 4,63^2 = 1,57 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M_c = M_{k(k+d)} = 8,89 + 1,57 = 10,46 \text{ kN} \cdot \text{m} .$$

Wyniki obliczeń ugięcia stropu wg programu „RYSUG 2”:

- przekrój zarysowany – $M_c = 10,46 \text{ kN} \cdot \text{m} > \alpha_a M_{fp} = 1,064 \cdot 3,769 = 4,01 \text{ kN} \cdot \text{m}$,
- sztywność przekroju zarysowanego przy krótkotrwałym działaniu obciążeń całkowitych

$$B_{k(k+d)} = 1778,54 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 ,$$

¹² PN-B-02003:1982. Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe

- sztywność przekroju przy krótkotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych

$$B_{k(d)} = 1883,95 \text{ kN} \cdot \text{m}^2,$$

- sztywność przekroju przy długotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych

$$B_{d(d)} = 1119,13 \text{ kN} \cdot \text{m}^2,$$

- ❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń całkowitych $f_{k(k+d)} = 1,313 \text{ cm}$,
- ❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{k(d)} = 1,054 \text{ cm}$,
- ❖ ugięcie długotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{d(d)} = 1,774 \text{ cm}$,
- ❖ ugięcie całkowite stropu

$$f = f_{k(k+d)} - f_{k(d)} + f_{d(d)} = 1,313 - 1,054 + 1,774 = 2,03 \text{ cm},$$

$$f = 2,03 \text{ cm} < f_{dop} = \frac{1}{200} l_{ef} = \frac{1}{200} \cdot 463 = 2,32 \text{ cm}.$$

Dla obciążenia użytkowego $q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$ oraz współczynnika $\Psi_d = 0,5$ przyjętego jak dla pomieszczenia pełniącego funkcję gabinetu lekarskiego, warunek ugięcia został spełniony. Usytuowane na II piętrze pomieszczenie Nr 4 pełni aktualnie funkcję sali chorych, dla której zgodnie z normą PN-82/B-02003 charakterystyczne obciążenie użytkowe wynosi $1,50 \text{ kN/m}^2$, zaś długotrwała część tego oddziaływania przyjmuje wartość $\Psi_d = 0,35$. Ugięcie przedmiotowego stropu wyznaczone dla mniejszej wartości obciążenia użytkowego otrzymano w wielkości $f = 1,92 \text{ cm} < f_{dop} = 2,32 \text{ cm}$.

4.4. Ocena bezpieczeństwa przejazdu angiografu przez korytarz komunikacyjny

Obliczenia sprawdzające nośności korytarza komunikacyjnego w obszarze II piętra budynku Kardiologii wykonano zgodnie z normą PN-84/B-03264.

- Dane materiałowe:

Beton B25: $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$; $R_b = 14,3 \text{ MPa}$; $R_{bzk} = 1,55 \text{ MPa}$; $R_{bz} = 1,03 \text{ MPa}$.

Stal znaku 18G2: $R_{ak} = 355 \text{ MPa}$; $R_a = 310 \text{ MPa}$.

Obliczeniowa rozpiętość stropu korytarza komunikacyjnego:

$$l_n = 480 - 40 = 440 \text{ cm} ; l_{ef} = 440 + 0,5 (476 - 440) = 458 \text{ cm}.$$

Charakterystyczny i obliczeniowy ciężar własny stropu oraz obciążenie użytkowe przypadające na jedną belkę stropu:

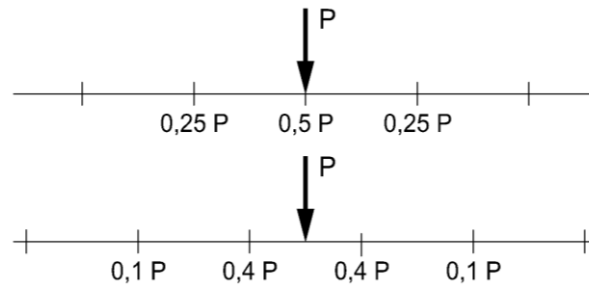
$$g_k = 0,65 \cdot 5,11 = 3,32 \text{ kN/m} ; g = 3,32 \cdot 1,2 = 3,98 \text{ kN/m},$$

$$q_k = 0,65 \cdot 1,80 = 1,17 \text{ kN/m} ; q = 1,17 \cdot 1,4 = 1,64 \text{ kN/m}.$$

Ciężar angiografu w konfiguracji transportowej (według tabl. 3.4):

$$G = (318 + 22) \cdot 1,2 = 408 \text{ kg} = 4,08 \text{ kN}.$$

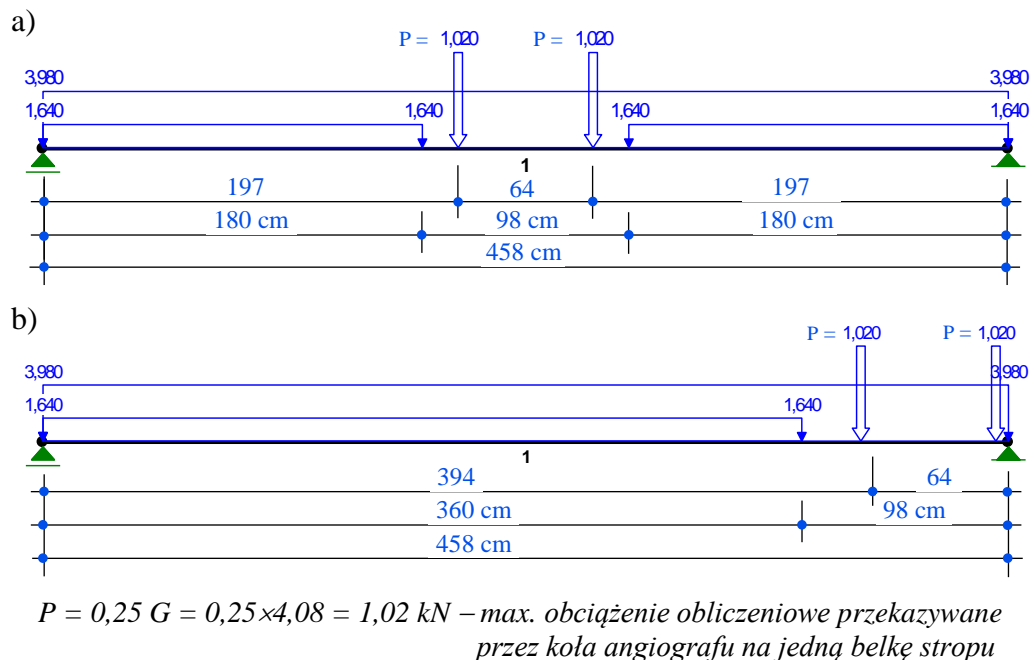
W stropach gęstożebrowych – dzięki obecności żeber rozdzielczych – obciążenia usytuowane nad jedną z belek, nie są przejmowane tylko przez ten element lecz przenoszone są także przez belki sąsiednie. W dalszych obliczeniach założono, że obciążenia od kół angiografu przejmowane są przez kilka belek stropu zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 4.1. Ostatecznie przyjęto, iż belka nad którą znajdzie się angiograf przejmie jedynie 50% jego ciężaru, a dwa sąsiednie żebra stropu po 25%.



Rys. 4.1. Rozdział obciążenia miejscowego przyłożonego do jednej belki lub pola stropu gęstożebrowego na belki sąsiednie

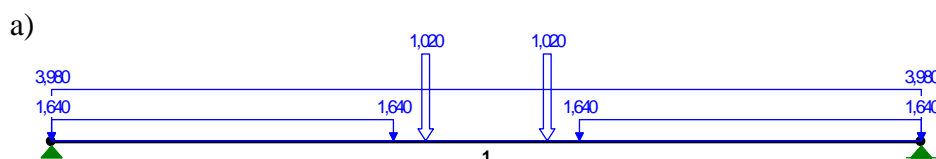
❖ Ocena nośności stropu z uwagi na zginanie

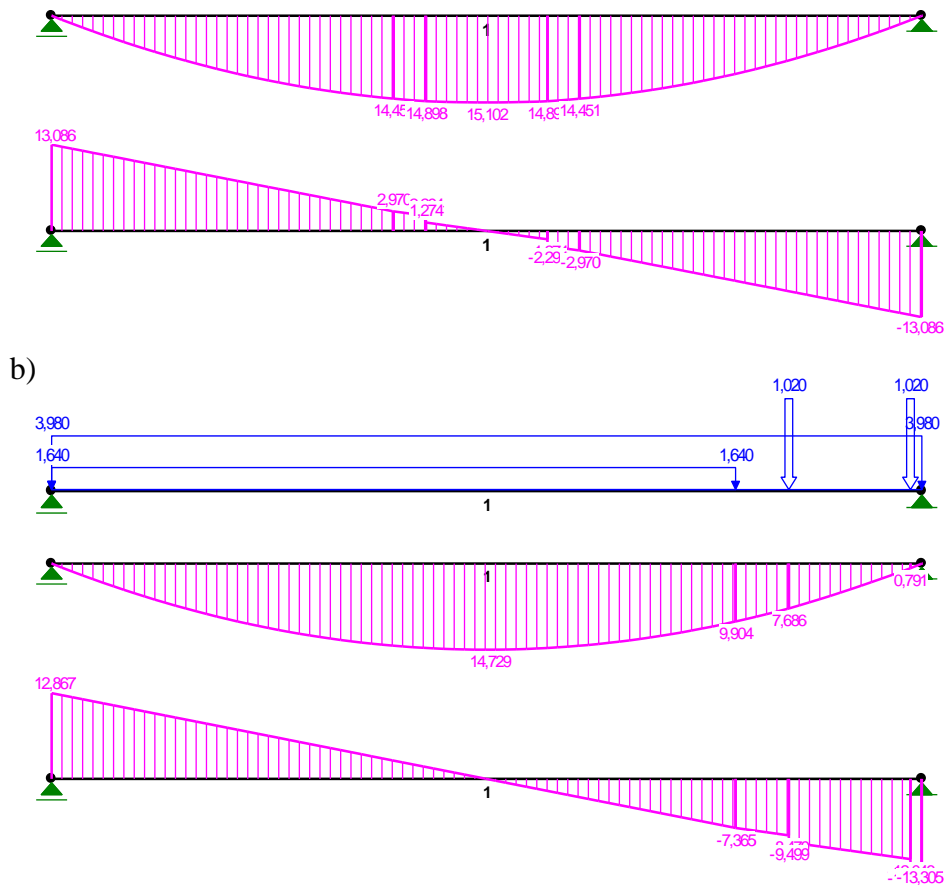
Schemat statyczny oraz najbardziej niekorzystny sposób obciążenia belek stropu spowodowany przejazdem angiografu OEC 9900 wzdłuż korytarza komunikacyjnego przedstawiono na rys. 4.2.



Rys. 4.2. Sposób obciążenia belki DMS korytarza komunikacyjnego ciężarem własnym stropu (g), obciążeniem użytkowym (q) oraz oddziaływaniem angiografu (P): a) schemat odpowiadający max. momentowi zginającemu, b) schemat odpowiadający max. sile poprzecznej

Obliczenia przebiegu zmienności momentów zginających i sił poprzecznych dla obu analizowanych schematów obciążeń przedstawionych na rys. 4.2 przeprowadzono w programie RM-Win, a ich wyniki na rys. 4.3.





Rys. 4.3. Przebieg zmienności sił przekrojowych w stropie korytarza komunikacyjnego a) schemat odpowiadający maksymalnemu momentowi zginającemu, b) schemat odpowiadający max. sile poprzecznej

Wysokość strefy ściskanej oraz obliczeniowa nośność stropu z uwagi na zginanie:

$$x = \frac{F_a \cdot R_a}{b_w \cdot R_b} = \frac{2,47 \cdot 310}{7 \cdot 14,3} = 7,65 \text{ cm},$$

$$M_R = F_a \cdot R_a \cdot (d - 0,5 x) = 2,47 \cdot 310 \cdot (24,2 - 0,5 \cdot 7,65) \cdot 10^{-3},$$

$$M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{max} = 15,10 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

nośność stropu korytarza komunikacyjnego umożliwi bezpieczny transport angiografu.

❖ Ocena nośności stropu z uwagi na ścinanie

Nośność stropu z uwagi na ścinanie określono z zależności:

$$V_R = 2 \sqrt{\beta_s \cdot R_b \cdot b_w \cdot d^2 \cdot q_s} - R_{as} \cdot F_s,$$

gdzie: $\beta_s = 0,12$ – z uwagi na pośredni sposób oparcia belek DMS na monolitycznych, poprzecznych żebrach korytarzowych o przekroju $b \times h = 40 \times 40$ cm.

Dla betonu klasy B25 ze zbrojeniem poprzecznym w postaci dwuramiennych strzemion $\phi 4,5$ o $f_s = 0,16 \text{ cm}^2$ rozmieszczonych co 10 cm, wykonanych ze stali St0S ($R_a = 190 \text{ MPa}$) otrzymano ostatecznie:

$$q_s = \frac{R_{as} \cdot F_s}{s} = \frac{0,8 \cdot 19,0 \cdot 2 \cdot 0,16}{10} = 0,486 \text{ kN/cm} ,$$

$$V_R = 2 \sqrt{0,12 \cdot 1,43 \cdot 5,0 \cdot 24,2^2 \cdot 0,486} - 0,8 \cdot 19,0 \cdot 2 \cdot 0,16 = 26,39 \text{ kN} ,$$

$$V_R = 26,39 \text{ kN} > V_{max} = 13,31 \text{ kN} ,$$

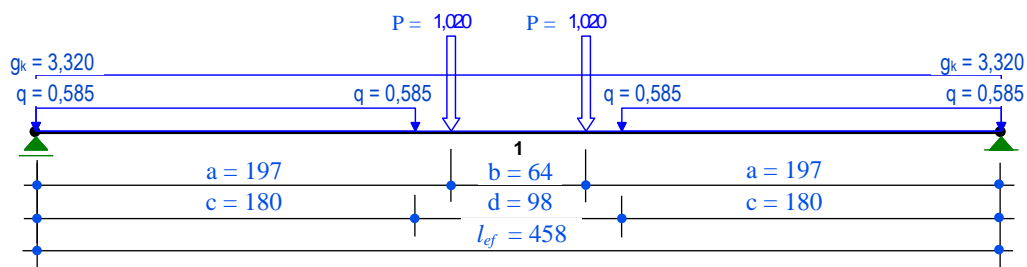
warunek został spełniony z dużym zapasem bezpieczeństwa.

❖ Ocena rysoodporności stropu

Szerokość rozwarcia rys prostopadłych w belkach DMS stropu korytarza komunikacyjnego określono w programie „RYSUG 2” dla danych geometrycznych i materiałowych przyjętych w pkt. 4.3. Obliczenia przeprowadzono jak dla stropu swobodnie podpartego biorąc pod uwagę charakterystyczne obciążenia stałe ($g_k = 3,32 \text{ kN/m}$), część długotrwałą obciążenia zmiennego ($q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$; $\Psi_d = 0,5$) oraz charakterystyczne, dynamiczne oddziaływanie kół angiografu ($P = 1,02 \text{ kN}$) traktowane w całości jako obciążenie krótkotrwałe:

$$q = \Psi_d q_k = 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,80 = 0,585 \text{ kN/m} ; P = 0,25 G = 1,02 \text{ kN} .$$

Schemat statyczny oraz sposób obciążenia najbardziej wytężonej belki analizowanego stropu przedstawiono na rys. 4.4.



Rys. 4.4. Schemat statyczny oraz najbardziej niekorzystny sposób obciążenia belki DMS stropu korytarza komunikacyjnego podczas przejazdu angiografu

Moment zginający od charakterystycznych obciążeń stałych (g_k) oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego (q):

$$M_{g_k} = 0,125 g_k \cdot l_{ef}^2 = 0,125 \cdot 3,32 \cdot 4,58^2 = 8,705 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M_q = 0,5 q \cdot c^2 = 0,5 \cdot 0,585 \cdot 1,80^2 = 0,948 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M_{g_k+q} = 8,705 + 0,948 = 9,65 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

moment zginający od charakterystycznych, dynamicznie oddziaływującej pary kół angiografu oraz charakterystycznych obciążeń całkowitych:

$$M_P = P \cdot a = 1,02 \cdot 1,97 = 2,01 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M = M_{g_k+q} + M_P = 9,65 + 2,01 = 11,66 \text{ kN} \cdot \text{m} .$$

Wyniki obliczeń szerokości rozwarcia rys prostopadłych wg programu „RYSUG 2” dla charakterystycznych obciążeń stałych oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego:

- sprężysto-plastyczny wskaźnik przekroju $W_{fp} = 2432,1 \text{ cm}^3$,
- moment rysujący $M_{fp} = W_{fp} \cdot R_{bzk} = 2432,1 \cdot 1,55 \cdot 10^{-3} = 3,769 \text{ kN} \cdot \text{m}$,
- odległość między rysami prostopadłymi $l_f = 6,92 \text{ cm}$,

- ramię sił wewnętrznych w przekroju zarysowanym $z_f = 21,67 \text{ cm}$,
- naprężenia w zbrojeniu rozciągającym w przekroju przez rysę $\sigma_a = 180,37 \text{ MPa}$,
- współczynnik wyrażający stosunek naprężeń w zbrojeniu rozciągającym na odcinku między rysami do naprężeń w zbrojeniu w przekroju przez rysę $\Psi_a = 0,988$,
- średnia szerokość rozwarcia rys prostopadłych $a_{sr} = 0,059 \text{ mm}$,
- współczynnik wyrażający stosunek rysy o maksymalnej szerokości rozwarcia do rysy średniej $k_f = 1,956$,
- szerokość rozwarcia rys od obciążeń stałych i długotrwałej części obciążenia zmiennego
 $a_{f(k+d)} = k_f \cdot a_{sr} = 1,956 \cdot 0,059 = 0,115 \text{ mm}$,
- przyrost szerokości rozwarcia rys od krótkotrwałego oddziaływania angiografu
 $W_{fp} = 2432,1 \text{ cm}^3$; $M_{fp} = 3,769 \text{ kN} \cdot \text{m}$; $M_p = 2,01 \text{ kN} \cdot \text{m}$; $\sigma_a = 37,55 \text{ MPa}$;
 $\Psi_a = 1,0$; $z_f = 21,67 \text{ cm}$; $a_{sr} = 0,012 \text{ mm}$; $k_f = 2,0$; $\Delta a_f = 0,024 \text{ mm}$;
 $a_f = a_{f(k+d)} + \Delta a_f = 0,115 + 0,024 = 0,14 \text{ mm} < a_{dop} = 0,30 \text{ mm}$,
warunek został spełniony.

❖ Ocena ugięcia stropu podczas przejazdu angiografu

• Dane materiałowe oraz geometria belki:

Beton klasy B25: $R_{bk} = 18,6 \text{ MPa}$; $R_{bzk} = 1,55 \text{ MPa}$; $E_b = 30 \cdot 10^3 \text{ MPa}$.

Stal 18G2: $R_{ak} = 355 \text{ MPa}$; $E_a = 210 \cdot 10^3 \text{ MPa}$; zbrojenie $1 \phi 11,7 + 1 \phi 13,3 \text{ mm}$ o $F_a = 2,47 \text{ cm}^2$; $F_{ac} = 0,5 \text{ cm}^2$; geometria przekroju: $b_w \times h = 6,5 \times 27 \text{ cm}$; $b_{ef,d} \times h_{f,d} = 9,5 \times 5,5 \text{ cm}$; $a_1 = 2,8 \text{ cm}$; $a_2 = 1,4 \text{ cm}$; $d = 27 - 2,8 = 24,2 \text{ cm}$; $l_{ef} = 458 \text{ cm}$.

Jeżeli na element działa „i” rodzajów obciążeń, dla których znane są współczynniki α_{gi} , to współczynnik α_g dla obciążenia całkowitego można wyznaczyć z następującej zależności:

$$\alpha_g = \sum_{i=1}^n \alpha_{gi} \cdot \frac{M_i}{M}$$

gdzie: α_{gi} – bezwymiarowy współczynnik wyznaczony według zasad mechaniki budowli dla „i”- tego rodzaju obciążenia,

M_i – moment zginający wyznaczony dla „i”- tego rodzaju obciążenia dla tego miejsca wzdłuż rozpiętości elementu, w którym oblicza się ugięcie,

M – moment zginający od całkowitego obciążenia charakterystycznego oddziaływującego na belkę stropu, wyznaczony w tym samym przekroju co moment M_i .

Współczynnik α_{g2} dla długotrwałej części charakterystycznego obciążenia zmiennego:

$$\alpha_{g2} \frac{M_q \cdot l_{ef}^2}{EJ} = \frac{q \cdot l_{ef}^4}{48 EJ} \cdot \left(\frac{c}{l_{ef}} \right)^2 \cdot \left[3 - 2 \left(\frac{c}{l_{ef}} \right)^2 \right],$$

$$\alpha_{g2} = \frac{0,585 \cdot 4,58^2}{48 \cdot 0,948} \cdot \left(\frac{1,80}{4,58} \right)^2 \cdot \left[3 - 2 \left(\frac{1,80}{4,58} \right)^2 \right] = 0,1121,$$

$$\alpha_{k2} = \frac{48}{5} \alpha_{g2} = \frac{48}{5} \cdot 0,1121 = 1,076,$$

współczynnik α_{g3} dla oddziaływania pary kół angiografu ($\beta = a/l_{ef} = 1,97/4,58 = 0,43$):

$$\alpha_{g3} = 0,125 - \frac{\beta^2}{6} = 0,125 - \frac{0,43^2}{6} = 0,0942,$$

$$\alpha_{k3} = \frac{48}{5} \alpha_{g3} = \frac{48}{5} \cdot 0,0942 = 0,904,$$

współczynnik α_g oraz α_k dla charakterystycznych obciążeń stałych oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego:

$\alpha_{g1} = 5/48$ – współczynnik dla równomiernie obciążonej belki wolnopodpartej,

$$\alpha_g = \alpha_{g1} \frac{M_{gk}}{M_{gk+q}} + \alpha_{g2} \frac{M_q}{M_{gk+q}} = \frac{5}{48} \cdot \frac{8,705}{9,65} + 0,1121 \cdot \frac{0,948}{9,65} = 0,1049,$$

$$\alpha_k = \frac{48}{5} \alpha_g = \frac{48}{5} \cdot 0,1049 = 1,008.$$

Wyniki obliczeń ugięcia stropu w programie „RYSUG 2” dla charakterystycznych obciążeń stałych oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego:

- przekrój zarysowany – $M = 9,65 \text{ kN} \cdot \text{m} > \alpha_a M_{fp} = 1,064 \cdot 3,769 = 4,01 \text{ kN} \cdot \text{m}$,
- sztywność przekroju zarysowanego przy krótkotrwałym działaniu obciążeń całkowitych

$$B_{k(k+d)} = 1827,30 \text{ kN} \cdot \text{m}^2,$$

- sztywność przekroju przy krótkotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych

$$B_{k(d)} = 1899,66 \text{ kN} \cdot \text{m}^2,$$

- sztywność przekroju przy długotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych

$$B_{d(d)} = 1123,70 \text{ kN} \cdot \text{m}^2,$$

❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń całkowitych $f_{k(k+d)} = 1,233 \text{ cm}$,

❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{k(d)} = 1,077 \text{ cm}$,

❖ ugięcie długotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{d(d)} = 1,821 \text{ cm}$,

❖ ugięcie stropu od obciążeń stałych i długotrwałej części obciążenia zmiennego

$$f = f_{k(k+d)} - f_{k(d)} + f_{d(d)} = 1,163 - 1,001 + 1,693 = 1,85 \text{ cm},$$

❖ przyrost ugięcia od krótkotrwałego oddziaływania angiografu $\Delta f = 0,24 \text{ cm}$,

❖ ugięcie całkowite

$$f_c = f + \Delta f = 1,85 + 0,24 \text{ cm} = 2,09 \text{ cm} < f_{dop} = \frac{l_{ef}}{200} = \frac{458}{200} = 2,29 \text{ cm},$$

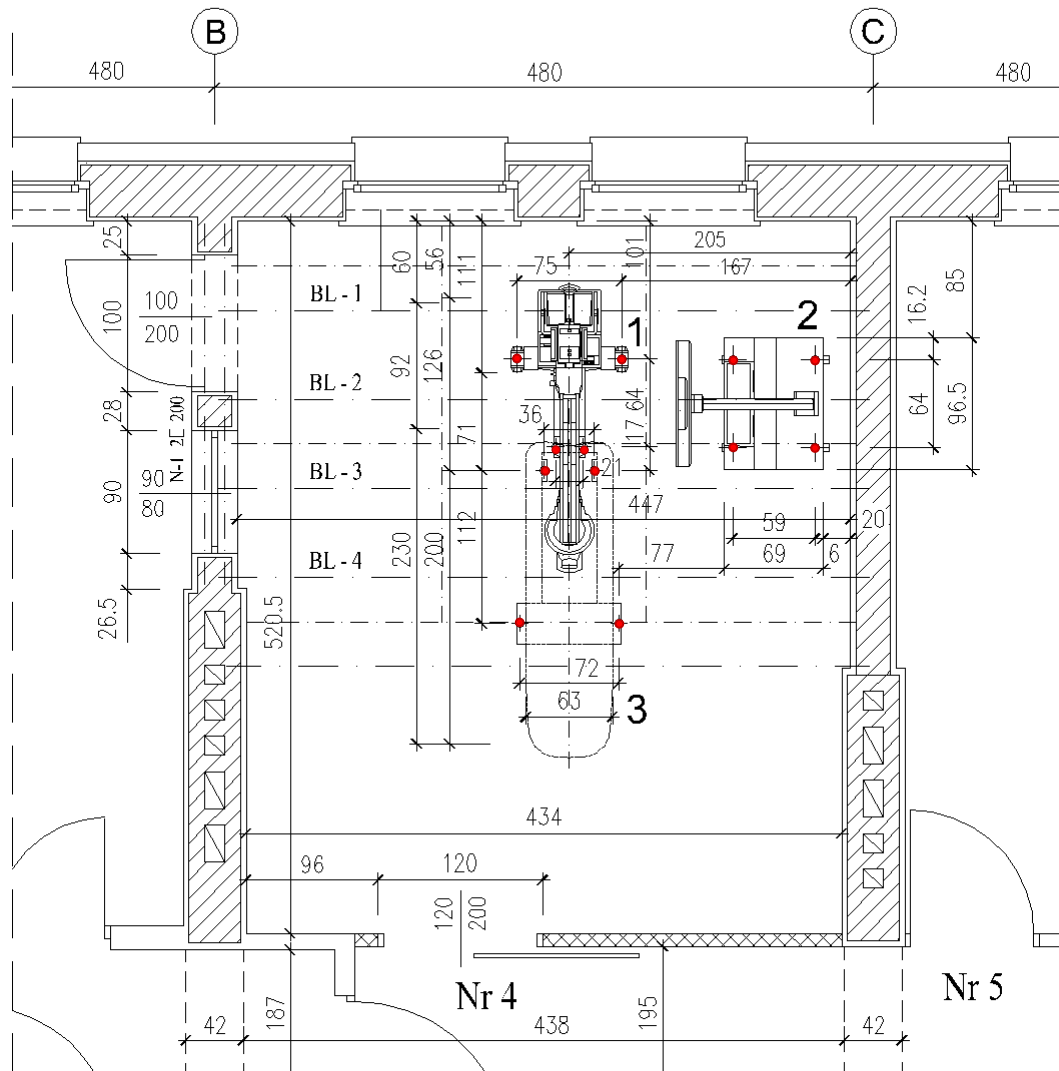
podczas przejazdu angiografu wzdłuż korytarza komunikacyjnego ugięcie analizowanego stropu będzie bliskie wartości dopuszczalnej.

4.5. Bezpieczeństwo stropu sali nr 4 po wprowadzeniu angiografu i innego sprzętu

Obliczenia sił przekrojowych dla najbardziej niekorzystnego usytuowania angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta wykonano w programie RM-Win dla czterech belek, których usytuowanie przedstawiono na rys. 4.5. W obliczeniach tych przyjęto obustronne, swobodne podparcie tarczy stropu oraz uwzględniono następujące dodatkowe założenia:

- oddziaływanie pary kół angiografu i innego sprzętu medycznego – w zależności od jego usytuowania względem belek nośnych – przejmowane będzie przez 3 lub 4 żebra stropu zgodnie rys. 4.1,
- koła jezdne angiografu oraz stacji roboczej usytuowane są symetrycznie względem osi belki nr 2 (rys. 4.5),
- stół pacjenta oraz angiograf położone są współosiowo w połowie rozpiętości stropu, natomiast stacja robocza w odległości 80 cm od krawędzi blatu stołu,

Oddział Kardiologii

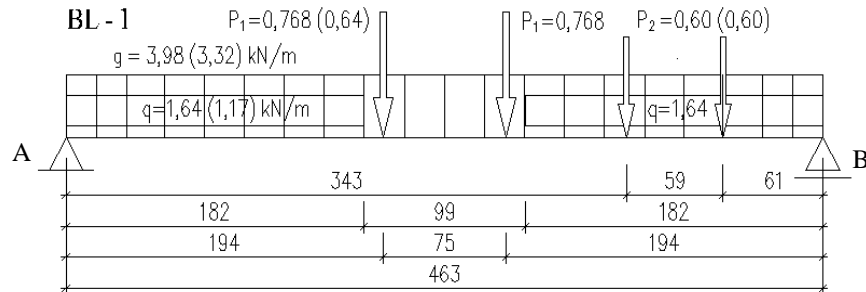


1 – angiograf OEC 9900 ; 2 – stacja robocza z monitorem ; 3 – stół pacjenta

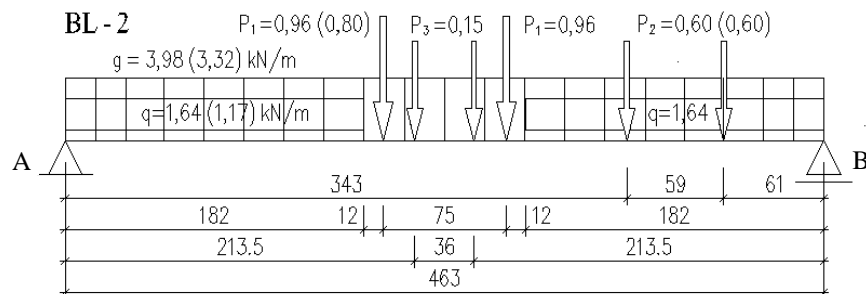
Rys. 4.5. Przykładowe usytuowanie angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta prowadzące do niekorzystnego wzrostu obciążeń eksploatacyjnych przypadających na trzy kolejne belki stropu DMS oznaczone symbolami BL-1, BL-2 oraz BL-3

- dynamiczne oddziaływania angiografu i stacji roboczej uwzględniono poprzez przyjęcie współczynnika obciążenia o wartości $\beta = 1,2$ przy jednoczesnym założeniu, iż urządzenia te nie będą przemieszczane jednocześnie,
- uwarunkowane aktualną nośnością stropu (patrz pkt. 4.1 i 4.2) obciążenia użytkowe przyjęto w wielkości $q = 1,80 \text{ kN/m}^2$.

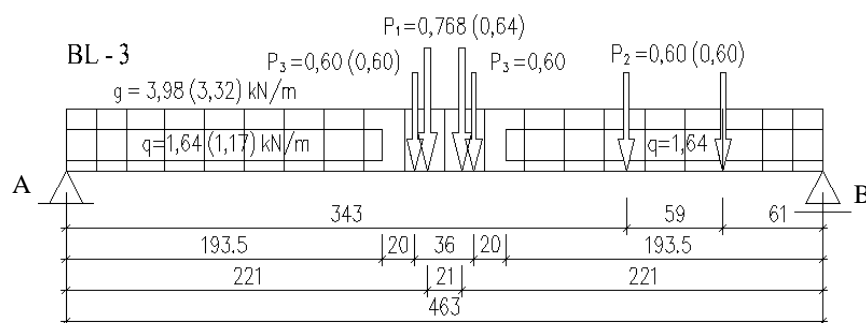
Schematy, wartości charakterystycznych i obliczeniowych obciążeń stałych i zmiennych oraz wyniki obliczeń momentów zginających i sił poprzecznych uzyskane w programie RM-Win dla belek BL-1 ÷ BL-4 w sytuacji obliczeniowej przedstawionej na rys. 4.5 oraz zgodnej z wcześniej przyjętymi założeniami, przedstawiono na rys. 4.6.



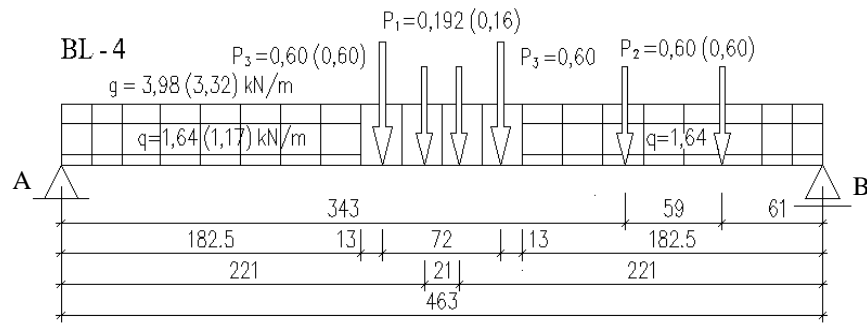
$P_1 = 0,4 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,768$ (0,64) kN – 40% oddziaływanie przemieszczającego się angiografu,
 $P_2 = 0,5 \times 0,5 \times 2,4 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 50% statyczne oddziaływanie stacji roboczej,
 $M_{\max} = 15,42$ kN·m ; $V_A = 13,20$ kN ; $V_B = 13,93$ kN ; $M_g = 8,88$ kN·m ; $M_{P1} = 1,24$ kN·m ,
 $M_{P2} = 0,57$ kN·m ; $M_q = 0,97$ kN·m ; $\Psi_d = 0,5$; $M_c = 11,66$ kN·m dla $x = 2,409$ m.



$P_1 = 0,5 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,96$ (0,80) kN – 50% oddziaływanie przemieszczającego się angiografu,
 $P_2 = 0,5 \times 0,5 \times 2,4 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 50% statyczne oddziaływanie stacji roboczej,
 $P_3 = 0,1 \times 0,5 \times 3,0 \times 1,0 = 0,15$ (0,15) kN – 10% statyczne oddziaływanie stołu pacjenta,
 $M_{\max} = 16,11$ kN·m ; $V_A = 13,54$ kN ; $V_B = 14,27$ kN ; $M_g = 8,89$ kN·m ; $M_{P1} = 1,55$ kN·m ,
 $M_{P2} = 0,56$ kN·m ; $M_{P3} = 0,32$ kN·m ; $M_q = 0,97$ kN·m ; $M_c = 12,29$ kN·m dla $x = 2,382$ m.



$P_1 = 0,4 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,768$ (0,64) kN – 40% oddziaływanie przemieszczającego się angiografu,
 $P_2 = 0,5 \times 0,5 \times 2,4 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 50% statyczne oddziaływanie stacji roboczej,
 $P_3 = 0,4 \times 0,5 \times 3,0 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 40% statyczne oddziaływanie stołu pacjenta,
 $M_{\max} = 17,26$ kN·m ; $V_A = 13,99$ kN ; $V_B = 14,72$ kN ; $M_g = 8,89$ kN·m ; $M_{P1} = 1,70$ kN·m ,
 $M_{P2} = 0,56$ kN·m ; $M_{P3} = 1,28$ kN·m ; $M_q = 1,10$ kN·m ; $M_c = 13,53$ kN·m dla $x = 2,381$ m.



$l_{ef} = 444 + 2 \times 4,5 + 10 = 463$ cm – obliczeniowa rozpiętość stropu sali chorych Nr 4,
 $P_1 = 0,1 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,192$ (0,16) kN – 10% oddziaływanie przemieszczającego się angiografu,
 $P_2 = 0,5 \times 0,5 \times 2,4 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 50% statyczne oddziaływanie stacji roboczej,
 $P_3 = 0,4 \times 0,5 \times 3,0 \times 1,0 = 0,60$ (0,60) kN – 40% statyczne oddziaływanie stołu pacjenta,
 $g = 0,65 \times 5,11 \times 1,2 = 3,984$ (3,32) kN/m – ciężar własny stropu przypadający na jedną belkę DMS,
 $q = 0,65 \times 1,80 \times 1,4 = 1,638$ (1,17) kN/m – obciążenie użytkowe przypadające na jedną belkę DMS,
 $q_d = \Psi_d \times q_k = 0,5 \times 1,17 = 0,585$ kN/m – długotrwała część charakterystycznego obciążenie użytkowego,
 $M_{max} = 15,54$ kN·m ; $V_A = 13,23$ kN ; $V_B = 13,96$ kN ; $M_g = 8,89$ kN·m ; $M_{P1} = 0,42$ kN·m,
 $M_{P2} = 0,56$ kN·m ; $M_{P3} = 1,17$ kN·m ; $M_q = 0,99$ kN·m ; $M_c = 12,03$ kN·m dla $x = 2,381$ m.
Uwaga: W nawiasach podano charakterystyczne wartości obciążeń.

Rys. 4.6. Wyniki obliczeń sił przekrojowych od obliczeniowych oraz charakterystycznych obciążeń długo i krótkotrwałych dla belek BL-1 ÷ BL-4 przy najmniej korzystnym oddziaływaniu angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta

Obliczeniowa nośność na zginanie i ścinanie belek DMS opiniowanego stropu:

$$\left. \begin{array}{l} M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ V_R = 30,07 \text{ kN} \end{array} \right\} \text{ – według pkt. 4.2 i 4.4.}$$

Porównanie nośności na zginanie i ścinanie z obliczeniowymi wartościami momentów zginających i sił poprzecznych belek BL-1 ÷ BL-4 przedstawiono w tabelicy 4.3.

Tablica 4.3

Bezpieczeństwo analizowanego stropu w ujęciu globalnego współczynnika pewności z uwagi na zginanie i ścinanie

Analizowana sytuacja obliczeniowa	Oznaczenie belki	Ocena nośności najbardziej wyęźzonych belek DMS	
Zginanie	BL-1	$M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{max} = 15,42 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$s_{obl} = 1,56 > s = 1,5$
	BL-2	$M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{max} = 16,11 \text{ kN} \cdot \text{m}$	<i>zbyt mała nośność</i>
	BL-3	$M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{max} = 17,26 \text{ kN} \cdot \text{m}$	<i>zbyt mała nośność</i>
	BL-4	$M_R = 15,60 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{max} = 15,54 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$s_{obl} = 1,51 \approx s = 1,5$
Ścinanie	BL-1	$V_R = 30,07 \text{ kN} > V = 13,93 \text{ kN}$	<i>Nośność zachowana z dużym zapasem bezpieczeństwa</i>
	BL-2	$V_R = 30,07 \text{ kN} > V = 14,27 \text{ kN}$	
	BL-3	$V_R = 30,07 \text{ kN} > V = 14,72 \text{ kN}$	
	BL-4	$V_R = 30,07 \text{ kN} > V = 13,96 \text{ kN}$	
Beton klasy B25: $R_b = 14,3$ MPa ; $R_{bz} = 1,03$ MPa ; stal 18G2: $R_{ak} = 355$ MPa ; $R_a = 310$ MPa ; zbrojenie $F_a = 2,47$ cm ² ; geometria przekroju: $b_w \times h = (5 \div 7) \times 27$ cm ; $d = 24,2$ cm ; $l_{ef} = 463$ cm , s – globalny współczynnik bezpieczeństwa wyrażający stosunek nośności przekroju na zginanie wyznaczonej dla charakterystycznej wytrzymałości betonu i stali do maksymalnego momentu zginającego określonego od charakterystycznych obciążeń całkowitych.			

Uwaga: Najsilniej obciążony obszar stropu wymaga wzmocnienia z uwagi na zginanie.

❖ Ocena szerokości rozwarcia rys prostopadłych

Szerokość rozwarcia rys prostopadłych określono w programie „RYSUG 2” dla danych geometrycznych i materiałowych przyjętych w pkt. 4.3. Obliczenia przeprowadzono dla najbardziej wyężonej belki BL-3 biorąc pod uwagę charakterystyczne obciążenia stałe ($g_k = 3,32 \text{ kN/m}$), część długotrwałą obciążenia zmiennego ($q_k = 1,80 \text{ kN/m}^2$; $\Psi_d = 0,5$) oraz charakterystyczne, dynamiczne oddziaływanie kół angiografu (P_1), stacji roboczej (P_2) i stołu pacjenta (P_3) – traktowanych w całości jako obciążenie długotrwałe:

$$q = \Psi_d q_k = 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,80 = 0,585 \text{ kN/m}.$$

Schemat statyczny, usytuowanie oraz wartości obciążeń oddziaływujących na belkę BL-3 przedstawiono na rys. 4.4. Obliczenia szerokości rys przeprowadzono dla następujących wartości momentów zginających:

$M_g = 8,89 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – charakterystyczna wartość momentu od ciężaru własnego stropu,

$M_q = 1,10 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – moment zginający od długotrwałej części obciążenia zmiennego,

$M_c = 9,99 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – moment od charakterystycznych obciążeń całkowitych przed obciążeniem stropu angiografem, stacją roboczą i stołem pacjenta,

$M_{P_1} = 1,70 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – moment od długotrwałego oddziaływania kół angiografu,

$M_{P_2} = 0,56 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – moment od długotrwałego oddziaływania kół stacji roboczej,

$M_{P_3} = 1,28 \text{ kN}\cdot\text{m}$ – moment od długotrwałego oddziaływania stołu pacjenta.

Wyniki obliczeń szerokości rozwarcia rys prostopadłych w programie „RYSUG 2” dla charakterystycznych obciążeń stałych oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego:

- sprężysto-plastyczny wskaźnik przekroju $W_{fp} = 2432,1 \text{ cm}^3$,
- moment rysujący $M_{fp} = W_{fp} \cdot R_{bzk} = 2432,1 \cdot 1,55 \cdot 10^{-3} = 3,769 \text{ kN}\cdot\text{m}$,
- odległość między rysami prostopadłymi $l_f = 6,91 \text{ cm}$,
- ramię sił wewnętrznych w przekroju zarysowanym $z_f = 21,70 \text{ cm}$,
- naprężenia w zbrojeniu rozciągającym w przekroju przez rysę $\sigma_a = 195,2 \text{ MPa}$,
- współczynnik wyrażający stosunek naprężeń w zbrojeniu rozciągającym na odcinku między rysami do naprężeń w zbrojeniu w przekroju przez rysę $\Psi_a = 1,0$,
- średnia szerokość rozwarcia rys prostopadłych $a_{sr} = 0,064 \text{ mm}$,
- współczynnik wyrażający stosunek rysy o maksymalnej szerokości rozwarcia do rysy średniej $k_f = 1,929$,
- szerokość rozwarcia rys od obciążeń stałych i długotrwałej części obciążenia zmiennego

$$a_{f(k+d)} = k_f \cdot a_{sr} = 1,929 \cdot 0,064 = 0,124 \text{ mm},$$

- przyrost szerokości rozwarcia rys od długotrwałego oddziaływania angiografu, stacji roboczej oraz stołu pacjenta:

$$\Delta M = 1,70 + 0,56 + 1,28 = 3,54 \text{ kN}\cdot\text{m},$$

$$W_{fp} = 2432,1 \text{ cm}^3; M_{fp} = 3,769 \text{ kN}\cdot\text{m}; \Delta\sigma_a = 66,05 \text{ MPa}; \Psi_a = 1,0;$$

$$z_f = 21,7 \text{ cm}; l_f = 6,91 \text{ cm}; \Delta a_{sr} = 0,021 \text{ mm}; k_f = 2,0; \Delta a_f = 0,043 \text{ mm};$$

$$a_f = a_{f(k+d)} + \Delta a_f = 0,124 + 0,043 = 0,17 \text{ mm} < a_{dop} = 0,30 \text{ mm},$$

warunek został spełniony.

❖ Ocena ugięcia stropu

Ugięcie stropu – podobnie jak szerokość rozwarcia rys prostokątnych – określono przy wykorzystaniu programu „RYSUG 2”.

Maksymalny moment zginający od charakterystycznych obciążeń długo i krótkotrwałych przed obciążeniem stropu angiografem, stacją roboczą i stołem pacjenta:

$$M_g = 8,89 \text{ kN} \cdot \text{m} ; M_q = 1,10 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$M_c = 8,89 + 1,10 = 9,99 \text{ kN} \cdot \text{m} .$$

Współczynnik α_{g1} dla oddziaływania pary kół angiografu ($\beta = a/l_{ef} = 2,21/4,63 = 0,47$):

$$\alpha_{g1} = 0,125 - \frac{\beta^2}{6} = 0,125 - \frac{0,477^2}{6} = 0,0870 ,$$

$$\alpha_{k1} = \frac{48}{5} \alpha_{g1} = \frac{48}{5} \cdot 0,0870 = 0,835 ,$$

współczynnik α_{g2} dla oddziaływania pary kół stacji roboczej ($P_2 = 0,60 \text{ kN} ; x = 2,38 \text{ m} ; b_1 = 1,2 \text{ m} ; b_2 = 0,61 \text{ m}$):

$$\frac{5 M_{P_2} \cdot l_{ef}^2}{48 E J} = \alpha_{g2} \cdot \frac{P_2 \cdot x \cdot (b_1 + b_2) \cdot l_{ef}}{E J} ,$$

$$\alpha_{g2} = \frac{5 M_{P_2} \cdot l_{ef}}{48 P_2 \cdot (b_1 + b_2) \cdot x} = \frac{5 \cdot 0,56 \cdot 4,63}{48 \cdot 0,6 \cdot (1,2 + 0,61) \cdot 2,38} = 0,1045 ,$$

$$\alpha_{k2} = \frac{48}{5} \alpha_{g2} = \frac{48}{5} \cdot 0,1045 = 1,003 ,$$

współczynnik α_{g3} dla oddziaływania stołu pacjenta ($\zeta = b/l_{ef} = 2,235/4,63 = 0,48$):

$$\alpha_{g3} = 0,125 - \frac{\zeta^2}{6} = 0,125 - \frac{0,482^2}{6} = 0,0862 ,$$

$$\alpha_{k3} = \frac{48}{5} \alpha_{g3} = \frac{48}{5} \cdot 0,0862 = 0,827 .$$

Współczynnik α_g oraz α_k dla długotrwałego, łącznego oddziaływania angiografu, stacji roboczej oraz stołu pacjenta:

$$\alpha_g = \alpha_{g1} \frac{M_{P_1}}{\sum M_{P_i}} + \alpha_{g2} \frac{M_{P_2}}{\sum M_{P_i}} + \alpha_{g3} \frac{M_{P_3}}{\sum M_{P_i}} ; \sum M_{P_i} = 3,54 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

$$\alpha_g = 0,087 \cdot \frac{1,70}{3,54} + 0,1045 \cdot \frac{0,56}{3,54} + 0,0862 \cdot \frac{1,28}{3,54} = 0,0894 ,$$

$$\alpha_k = \frac{48}{5} \alpha_g = \frac{48}{5} \cdot 0,0894 = 0,858 ,$$

współczynnik α_g^* oraz α_k^* dla długotrwałej części charakterystycznego obciążenia zmiennego:

$$\alpha_{g2} \frac{M_q \cdot l_{ef}^2}{E J} = \frac{q \cdot l_{ef}^4}{48 E J} \cdot \left(\frac{c}{l_{ef}} \right)^2 \cdot \left[3 - 2 \left(\frac{c}{l_{ef}} \right)^2 \right] ,$$

$$\alpha_{g2} = \frac{0,585 \cdot 4,63^2}{48 \cdot 1,10} \cdot \left(\frac{1,935}{4,63} \right)^2 \cdot \left[3 - 2 \left(\frac{1,935}{4,63} \right)^2 \right] = 0,1099 ,$$

$$\alpha_{k2} = \frac{48}{5} \alpha_{g2} = \frac{48}{5} \cdot 0,1099 = 1,056 .$$

Wyniki obliczeń ugięcia w programie „RYSUG 2” dla charakterystycznych obciążeń stałych oraz długotrwałej części obciążenia zmiennego:

- przekrój zarysowany – $M = 9,99 \text{ kN} \cdot \text{m} > \alpha_a M_{fp} = 1,064 \cdot 3,769 = 4,01 \text{ kN} \cdot \text{m}$,
 - sztywność przekroju zarysowanego przy krótkotrwałym działaniu obciążeń całkowitych
 $B_{k(k+d)} = 1805,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$,
 - sztywność przekroju przy krótkotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych
 $B_{k(d)} = 1883,95 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$,
 - sztywność przekroju przy długotrwałym działaniu obciążeń długotrwałych
 $B_{d(d)} = 1119,13 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$,
 - ❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń całkowitych $f_{k(k+d)} = 1,243 \text{ cm}$,
 - ❖ ugięcie krótkotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{k(d)} = 1,054 \text{ cm}$,
 - ❖ ugięcie długotrwałe od obciążeń długotrwałych $f_{d(d)} = 1,774 \text{ cm}$,
 - ❖ ugięcie stropu od obciążeń stałych i długotrwałej części obciążenia zmiennego
 $f = f_{k(k+d)} - f_{k(d)} + f_{d(d)} = 1,243 - 1,054 + 1,774 = 1,96 \text{ cm}$,
 - ❖ przyrost ugięcia od długotrwałego oddziaływania angiografu, stacji roboczej oraz stołu pacjenta $\Delta f = 0,61 \text{ cm}$,
 - ❖ ugięcie całkowite:
 $f_c = f + \Delta f = 1,96 + 0,61 \text{ cm} = 2,57 \text{ cm} > f_{dop} = \frac{l_{ef}}{200} = \frac{463}{200} = 2,32 \text{ cm}$,
- warunek nie został spełniony, ugięcie belki BL-3 w stosunku do stanu istniejącego ($f = 1,92 \text{ cm}$) ulegnie zwiększeniu o około 34%.

4.6. Obliczenia sprawdzające warstwy jastrychu cementowego

Obliczenia sprawdzające nośności na zginanie oraz przebicie warstwy jastrychu cementowego o grub. 65 mm przeprowadzono zgodnie z normą PN-84/B-03264 jak dla przekroju betonowego przy uwzględnieniu następujących założeń:

- charakterystyki wytrzymałościowe jastrychu przyjęto na podstawie analizy wyników badań odwiertów rdzeniowych, których rezultaty przedstawiono w pkt. 3.2,
- warstwa jastrychu ułożona na stropie odpowiada pod względem wytrzymałościowym co najmniej klasie B10 ($R_b = 10 \text{ MPa}$; $R_{bz} = 0,46 \text{ MPa}$), a jej minimalna grubość jest nie mniejsza niż 60 mm,
- schemat statyczny jastrychu to wieloprzęsłowa płyta o rozpiętości przęsła $l_{ef} = 65 \text{ cm}$ obciążona ciężarem własnym, warstwami podłogowymi, równomiernie rozłożonym obciążeniem użytkowym $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$ oraz najbardziej niekorzystnym oddziaływaniem kół angiografu i stołu pacjenta w wielkości $P = 0,5 (3,2 \times 1,2 + 3,0) = 3,42 \text{ kN}$.

❖ Zestawienie obciążeń:

– ceramiczne płytki podłogowe grub. 8 mm	$0,008 \times 24,0 = 0,192 \text{ kN/m}^2$
– warstwa wyrównawcza + klej grub. 18 mm	$0,018 \times 21,0 = 0,378 \text{ kN/m}^2$
– <u>jastrych cementowy grub. 65 mm</u>	<u>$0,065 \times 21,0 = 1,365 \text{ kN/m}^2$</u>
	Razem: $g = 1,935 \text{ kN/m}^2$
– obciążenie użytkowe	$q = 2,0 \text{ kN/m}^2$

❖ Nośność jastrychu z uwagi na zginanie

Moment zginający od obliczeniowych obciążeń stałych i użytkowych:

$$M_{g+q} = \pm \frac{(g_o + q_o) \cdot l_{ef}^2}{12} = \pm \frac{(1,935 \cdot 1,2 + 2,0 \cdot 1,4) \cdot 0,65^2}{12},$$

$$M_{g+q} = \pm 0,180 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

moment zginający od obliczeniowych obciążeń stałych oraz oddziaływania kół angiografu i stołu pacjenta:

$$M_{g+P} = \pm \left(\frac{g_o \cdot l_{ef}^2}{12} + \frac{P \cdot l_{ef}}{8} \right) = \pm \left(\frac{1,935 \cdot 1,2 \cdot 0,65^2}{12} + \frac{3,42 \cdot 0,65}{8} \right),$$

$$M_{g+P} = \pm 0,360 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Moment zginający przenoszony przez pasmo jastrychu o szerokości $b = 1,0$ m:

$$M_R = 0,292 b \cdot h^2 \cdot R_{bbz} = 0,292 \cdot 100 \cdot 6^2 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3},$$

$$M_R = 0,483 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{g+P} = \pm 0,360 \text{ kN} \cdot \text{m} - \text{warunek został spełniony.}$$

❖ Nośność jastrychu z uwagi na przebicie

Średnia arytmetyczna obwodów powierzchni, na którą działa siła przebijająca ($a \times b = 20 \times 10$ cm) oraz powierzchni powstającej przy założeniu rozkładu naprężeń ścinających pod kątem 45° :

$$u_p = 0,5 (u_1 + u_2) = 2 \cdot [(a + b) + 2h \cdot \text{tg } 30^\circ] = 73,8 \text{ cm},$$

$$u_p = 2 \cdot [(20 + 10) + 2 \cdot 6 \cdot \text{tg } 30^\circ] = 73,8 \text{ cm},$$

siła przebijająca oraz obliczeniowa nośność warstwy jastrychu:

$$N_p = 0,25 (32 \cdot 1,2 + 30) = 17,1 \text{ kN} - \text{suma reakcji angiografu i stołu pacjenta,}$$

$$N_p \leq R_{bbz} \cdot u_p \cdot h,$$

$$N_p = 17,1 \text{ kN} < 0,46 \cdot 73,8 \cdot 6,0 \cdot 10^{-1} = 20,3 \text{ kN},$$

warunek został spełniony.

5. Propozycje materiałowe oraz zalecenia dotyczące przystosowania stropu do przenoszenia zwiększonych obciążeń technologicznych

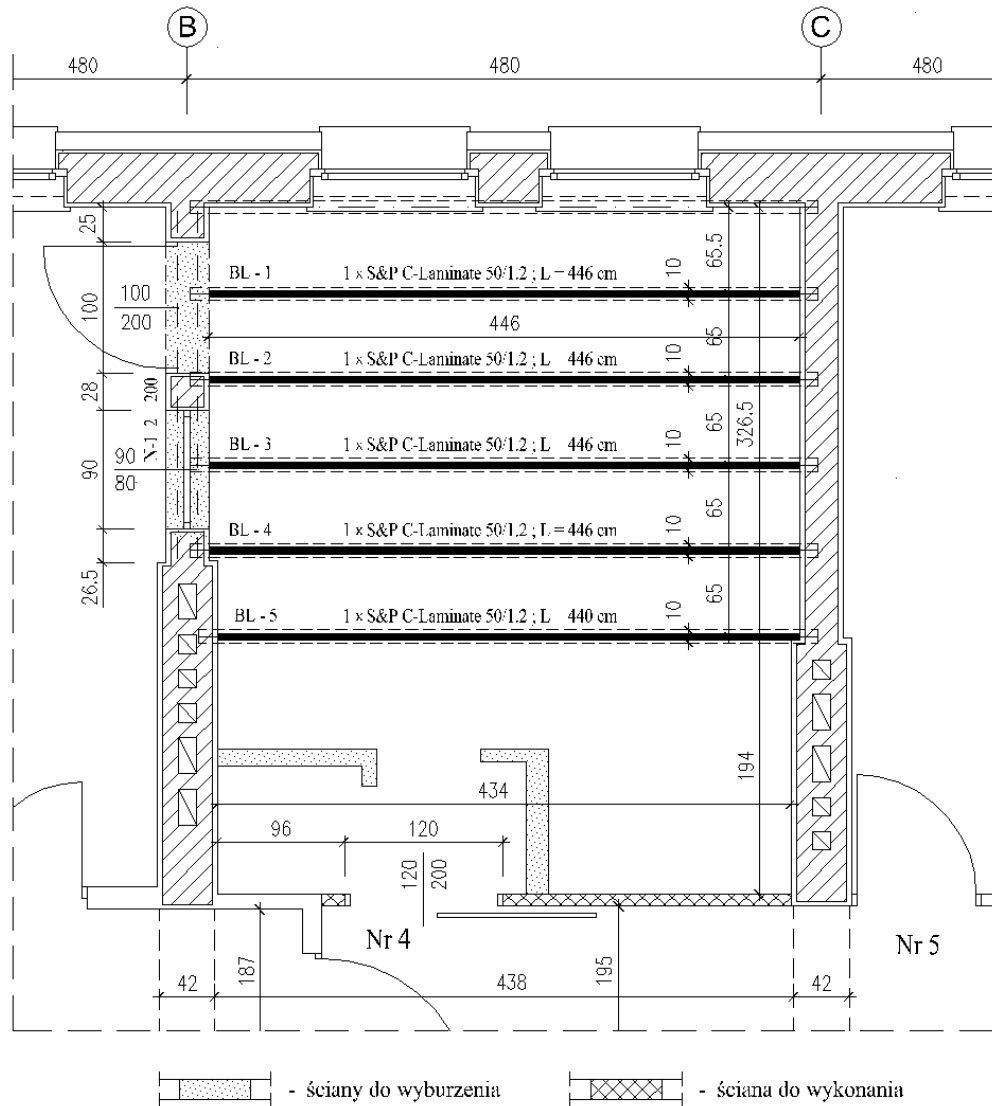
W celu spełnienia podstawowych kryteriów bezpieczeństwa użytkowania opiniowanego stropu DMS konieczne jest zwiększenie jego nośności. Analizą objęto dwa rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe charakteryzujące się relatywnie małą ingerencją w istniejącą konstrukcję obiektu, tj.:

- **wariant 1** – wzmocnienie stropu poprzez doklejenie do uszorstnionych, starannie oczyszczonych i odtłuszczonych dolnych powierzchni belek DMS taśmy z włókien węglowych niskomodułowej $50 \times 1,2$,
- **wariant 2** – podchwycenie wzmocnianego obszaru stropu rusztem wykonanym z dwuteowników IPE 220 i 200, opartych na stalowych wspornikach mocowanych na istniejących ścianach nośnych za pomocą kotew wklejanych M16 kl. 8.8.

❖ Wzmocnienie belek stropu taśmami węglowymi

Koncepcję wzmocnienia stropu z wykorzystaniem taśm kompozytowych przedstawiono na rys. 5.1. Obliczenia nośności, odkształceń oraz naprężeń w betonie, stali zbrojeniowej i taśmie węglowej – przed i po wzmocnieniu przekroju belek – przeprowadzono w programie FRP Lamella 5.4 udostępnionym przez firmę S&P Poland.

**Oddział Kardiologii - sala chorych nr 4 usytuowana
na II piętrze**



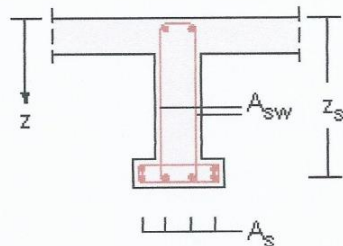
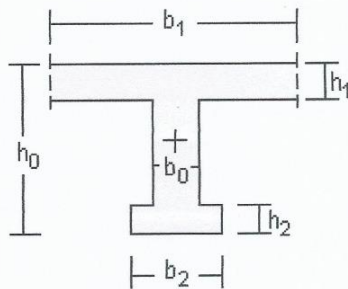
PRZYJĘTO TAŚMY: S&P C - Laminare 50×1.2 o łącznej długości L = 22,24 m
Taśmy kleić na oczyszczonych stopkach belek DMS klejem RESIN 220

Rys. 5.1. Proponowane wzmocnienie taśmami kompozytowymi CFRP – 50/1.2 mm belek DMS stropu nad I piętrzem w obszarze pomieszczenia Nr 4, gdzie planowana jest instalacja angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta

Tablica 5.1

Właściwości taśmy kompozytowej z włókien węglowych S&P Lamelle CFK 150/2000

Szerokość/ grubość taśmy [mm/mm]	Siła rozciągająca [N]	Wydłużenie przy zerwaniu [%]	Moduł Younga [GPa]	Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie [MPa]	Siła charakter. przenoszona przez taśmę [kN]
50/1.2	58/77×10 ³	0,6/08	168	2800	R _{50/1.2} = 196

S&P FRP Lamella**Wzmocnienie stref rozciąganych i ścinanych materiałami FRP****Przekrój****Geometria**

przekrój dwuteowy

$$\begin{aligned} b_0 &= 5,5 & [\text{cm}] & & b_1 &= 7 & [\text{cm}] & & b_2 &= 9,5 & [\text{cm}] \\ h_0 &= 27 & [\text{cm}] & & h_1 &= 10 & [\text{cm}] & & h_2 &= 5,5 & [\text{cm}] \end{aligned}$$

Beton

klasa:

C 20/25

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 20 & [\text{N/mm}^2] & & \alpha_{cc} &= 1 & [-] \\ \varepsilon_{cu} &= 3,5 & [\text{‰}] & & E_{cm} &= 29962 & [\text{N/mm}^2] \\ \varepsilon_{c2} &= 2 & [\text{‰}] & & f_{ctm} &= 2,21 & [\text{N/mm}^2] \\ & & & & \alpha_{ct} &= 1 & [-] \end{aligned}$$

$$\gamma_c = 1,5 \quad [-]$$

Stal

$$\gamma_s = 1,15 \quad [-]$$

Zbrojenie

Zbrojenie główne

nr.	A_s [cm ²]	z_s [cm]	gatunek stali	f_{yk} [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]	d_s [mm]
1	2,47	24,2	St50B	355	200000	13

Oddziaływania**Stan przed wzmocnieniem**

moment przęsłowy

siła ściskająca

w czasie montażu wzmocnienia

$$M = 11,51 \quad [\text{kNm}]$$

$$N_{Ek0} = 0 \quad [\text{kN}]$$

sprężenie (określone statycznie)

$$M_{p0} = 0 \quad [\text{kNm}]$$

$$N_p = 0 \quad [\text{kN}]$$

strefa rozciągana zarysowana

Stan po wzmocnieniu

moment przęsłowy

siła ściskająca

stan graniczny nośności

$$M_{Ed} = 17,85 \quad [\text{kNm}]$$

$$N_{Ed} = 0 \quad [\text{kN}]$$

stan użyteczności

$$M_{Ek} = 14,15 \quad [\text{kNm}]$$

$$N_{Ek} = 0 \quad [\text{kN}]$$

częściowe współczynniki bezpieczeństwa

$$\gamma_{M,m} = 1,26 \quad [-]$$

$$\gamma_{N,m} = 0 \quad [-]$$

Wzmocnienie na zginanie

FRP system

S&P CFK 150/2000

naklejany

S&P Resin 220

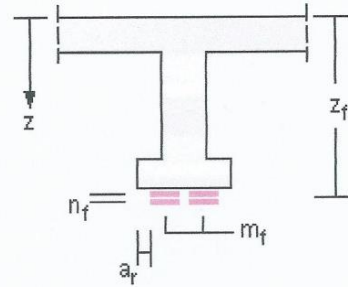
$$E_{fk} = 170000 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$f_{fk} = 2800 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\varepsilon_{fu} = 16 \quad [\text{‰}]$$

$$\gamma_f = 1,2 \quad [-]$$

$$\varepsilon_{f,limit} = 7,5 \quad [\text{‰}]$$



FRP przekrój poprzeczny

nr.	przekrój [mm/mm]	n_f [St.]	m_f [St.]	s_f [cm]	A_f [cm ²]	z_f [cm]
1	50 / 1.2	1	1	5,5	0,6	27

podstawa obliczeń

w oparciu o

Eurocode 2

DIBt Zulassungen Z-36.12-62 / Z-36.12-67

Stan przed wzmocnieniem

moment zginający przenoszony przez przekrój niewzmocniony: :

$$M_{Rd0} = 15,3 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_{Re0} = 17,6 \quad [\text{kNm}]$$

Stan po wzmocnieniu

stopień wzmocnienia: $\eta_M = 1,17 \quad [-]$

bezpieczeństwo globalne bez wzmocnienia FRP: $\gamma_{Me} = 1,24 \quad [-]$

Wymiarowanie

$$A_{f,wym} = 0,3 \quad [\text{cm}^2]$$

$$A_{f,dbr} = 0,6 \quad [\text{cm}^2]$$

$$M_{Ed} = 17,8 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_{Rd} = 19,1 \quad [\text{kNm}]$$

Sprawdzenie

$M_{Rd} > M_{Ed}$ ✓ – warunek został spełniony.

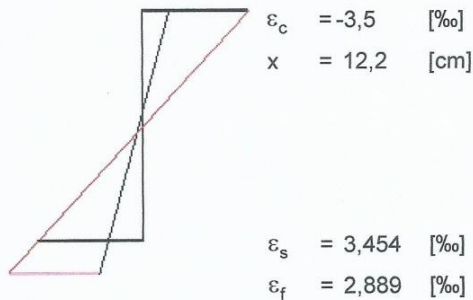
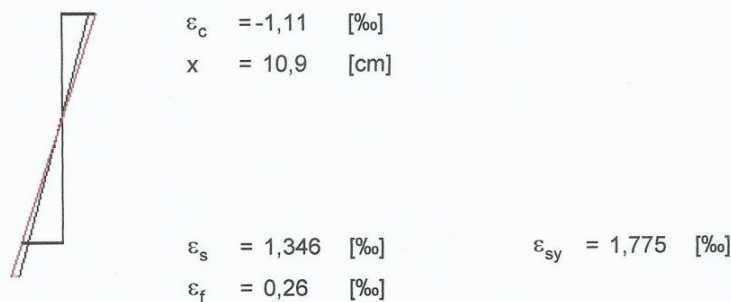
odkształcenia wstępne



$$\varepsilon_c = -0,887 \quad [\text{‰}]$$

$$x = 10,6 \quad [\text{cm}]$$

$$\varepsilon_s = 1,136 \quad [\text{‰}]$$

odkształcenia - stan graniczny nośności ($A_{f,wym}$)**odkształcenia / naprężenia - stan użytkowy** ($A_{f,dbf}$)

naprężenia

beton
stal zbrojeniowa
materiał FRP

$\sigma_{c,max} = -16,04$ [N/mm²]
 $\sigma_{s,max} = 269,17$ [N/mm²]
 $\sigma_{f,max} = 44,22$ [N/mm²]

naprężenia graniczne

$\sigma_{c,limit} = -12$ [N/mm²]
 $\sigma_{s,limit} = 284$ [N/mm²]

Przeprowadzone obliczenia sprawdzające wykazały, że **rozwiązanie to nie może być wdrożone do realizacji z uwagi na przekroczenie dopuszczalnych naprężeń użytkowych w betonie strefy ściskanej**. Zwiększenie przekroju taśmy z 50/1.2 do 50/1.4 mm prowadzi nie tylko do dalszego, niepożądanego wzrostu naprężeń w betonie strefy ściskanej lecz także do przekroczenia granicznych naprężeń rozciągających w zbrojeniu belek. Stan ten uwarunkowany jest niezbyt fortunną konstrukcją stropu DMS, tj. brakiem nadbetonu zapewniającego współpracę cienkiej, monolitycznej płyty z belkami nośnymi a tym samym dużej wrażliwości stropu na zarysowania wywołane zjawiskiem klawiszowania jego belek.

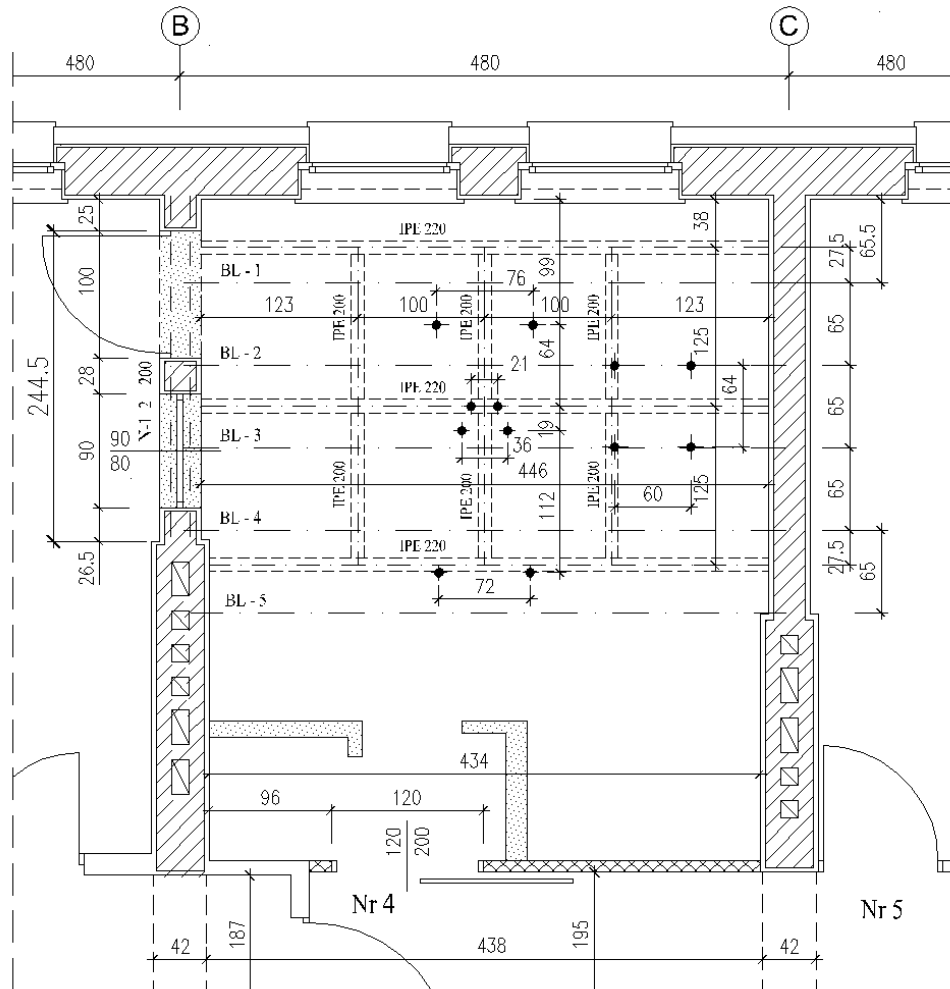
❖ **Zwiększenie nośności stropu poprzez podchwycenie go stalowym rusztem**

Obliczenia sprawdzające nośności i ugięcia belek IPE 220 stanowiących podparcie części stropu nad I piętrzem w obszarze pomieszczenia nr 5 (II piętro), gdzie planowane jest usytuowanie nowej Pracowni Elektrofizjologii, przeprowadzono przy uwzględnieniu następujących założeń:

- obciążenie użytkowe, oddziaływanie angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta przejęte będzie przez trzy pary równomiernie rozmieszczonych stalowych rozpór (IPE 200), a ich

reakcje przekazane na trzy główne belki nośne rusztu w postaci dwuteownika IPE 220,

- usytuowanie stalowych rozpor oraz belek nośnych rusztu ustalono poprzez pomiar w naturze, kierując się zasadą by elementy te znajdowały się w obszarze najsilniej obciążonej części stropu (rys. 5.2),



Rys. 5.2. Rozmieszczenie stalowych elementów rusztu wzmacniającego, prefabrykowanych belek stropu DMS oraz miejsc przekazywania obciążeń od angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta

- oddziaływanie belek DMS w postaci reakcji przekazywanych przez stalowe rozpory na główne belki nośne rusztu, określono biorąc pod uwagę następujące obciążenia:

$$P_{a1} = 0,50 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,96 \text{ (0,80) kN} - 50 \text{ i } 25\% \text{ oddziaływanie pary kół przemiesz-}$$

$$P_{a2} = 0,25 \times 0,5 \times 3,2 \times 1,2 = 0,48 \text{ (0,40) kN} \text{ czającego się angiografu,}$$

$$P_{st1} = 0,50 \times 2,4 \times 1,0 = 1,20 \text{ (1,20) kN} - 50 \text{ i } 40\% \text{ statyczne oddziaływanie pary kół stacji}$$

$$P_{st2} = 0,40 \times 2,4 \times 1,0 = 0,96 \text{ (0,96) kN} \text{ roboczej,}$$

$$P_{sp} = 0,4 \times 0,5 \times 3,0 \times 1,0 = 0,60 \text{ (0,60) kN} - 40\% \text{ statyczne oddziaływanie jednej pary kół}$$

stołu pacjenta,

$$G_p = (0,406 + 0,014) \times 1,1 = 0,46 \text{ (0,42) kN} - \text{ciężar własny stalowej rozpory IPE 200}$$

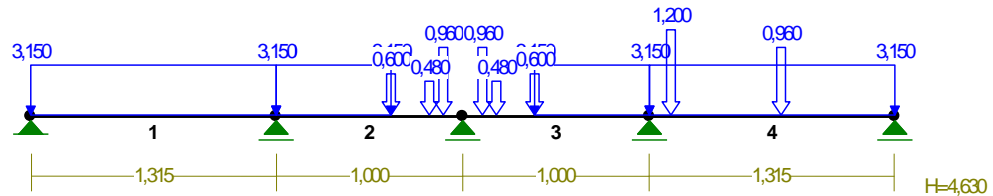
wraz z kątownikami i śrubami M16,

$$q = 1,25 \times 1,8 \times 1,4 = 3,15 \text{ (2,25) kN} - \text{obciążenie użytkowe zebrane z pasma stropu}$$

o szerokości 1,25 m,

- rozpiętość netto oraz obliczeniową stalowych belek rusztu IPE 220 przyjęto w wielkości:
 $l_n = 480 - (25 + 2 \times 3,5) = 448 \text{ cm}$; $l_{eff} = 448 - 9,5 \approx 438 \text{ cm}$,
- w analizie uwzględniono najbardziej niekorzystną sytuację obliczeniową z pominięciem ciężaru własnego stropu, której schemat statyczny oraz sposób obciążenia przedstawiono na rys. 5.3.

Obliczenia momentów zginających i sił poprzecznych dla pasma stropu o szerokości $b = 1,25 \text{ m}$ oraz reakcji przekazywanych przez stalowe rozpory na najbardziej wyężoną belkę nośną rusztu przeprowadzono w programie RM-Win.



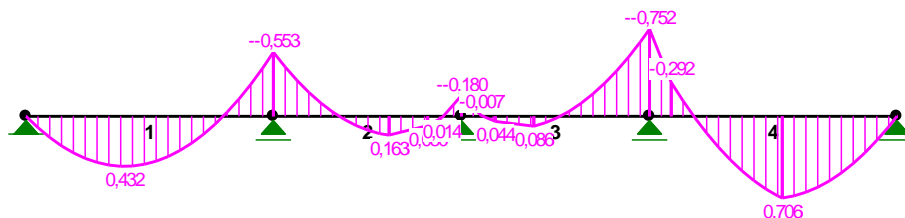
Rys. 5.3. Schemat statyczny oraz sposób obciążenia stropu po podchwyceniu go stalowym rusztem przyjęty do określenia reakcji przekazywanych przez rozpory na belki główne

OBCIĄŻENIA:

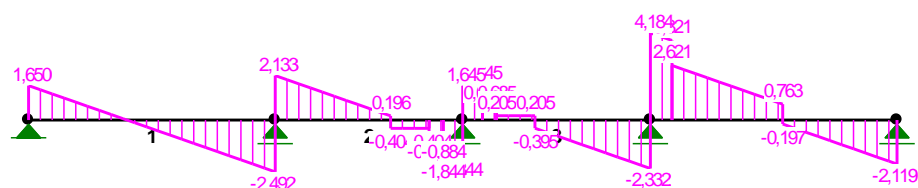
([kN] , [kNm] , [kN/m])

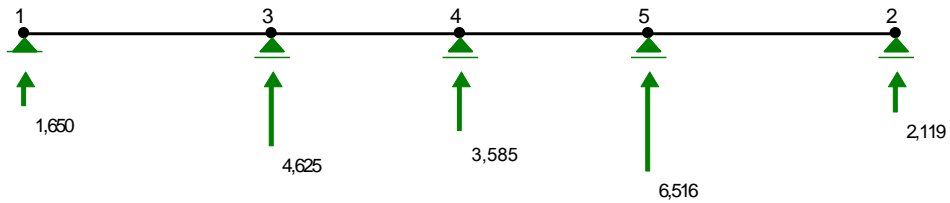
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa: A ""						$\gamma_f = 1,00$
1	Liniowe	0,0	3,150	3,150	0,00	1,31
2	Liniowe	0,0	3,150	3,150	0,00	0,61
2	Skupione	0,0	0,600		0,61	
2	Skupione	0,0	0,960		0,90	
2	Skupione	0,0	0,480		0,82	
3	Liniowe	0,0	3,150	3,150	0,39	1,00
3	Skupione	0,0	0,600		0,39	
3	Skupione	0,0	0,960		0,11	
3	Skupione	0,0	0,480		0,18	
4	Liniowe	0,0	3,150	3,150	0,00	1,31
4	Skupione	0,0	1,200		0,12	
4	Skupione	0,0	0,960		0,70	

Momenty zginające:

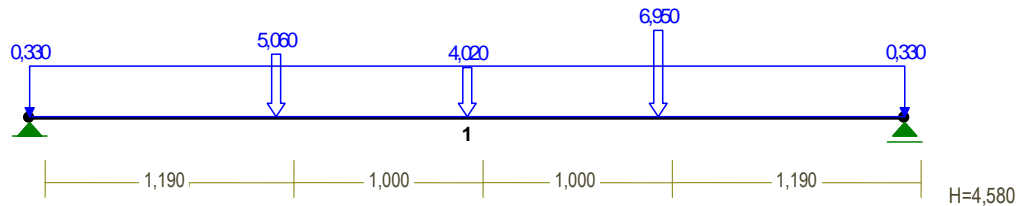


Siły poprzeczne:

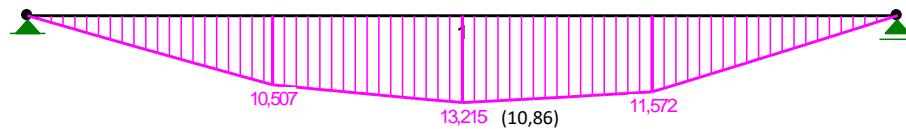
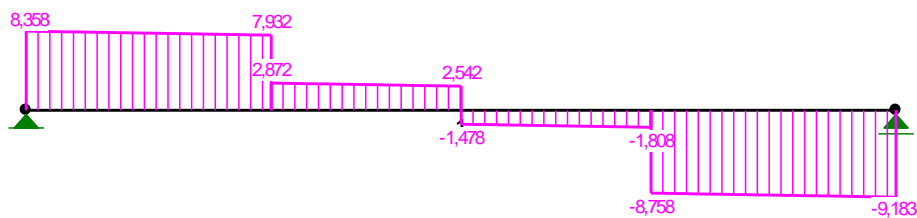


Reakcje podporowe:

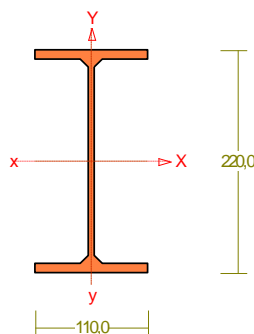
Obliczenia sił przekrojowych, nośności na zginanie i ścinanie oraz ugięcie najsilniej obciążonej belki BS-1 projektowanego rusztu podpierającego strop pomieszczenia nr 5 przeprowadzono w programie „RM-Win”.



- $G_p = 0,435$ (0,395) kN – ciężar własny stalowej rozporry z kątownikami i śrubami M16,
 $P_1 = 4,62 + 0,44 = 5,06$ (0,16) kN – oddziaływanie przemieszczającego się angiografu,
 $P_2 = 3,58 + 0,44 = 4,02$ (0,60) kN – statyczne oddziaływanie stacji roboczej,
 $P_3 = 6,51 + 0,44 = 6,95$ (0,60) kN – statyczne oddziaływanie stołu pacjenta,
 $g_b = (1,348 \times 1,1) : 4,48 = 0,33$ (0,30) kN – jednostkowy ciężar własny belki BS-1.
Uwaga: W nawiasach podano charakterystyczne wartości obciążeń.

Momenty zginające:**Siły poprzeczne:**

Reakcje podporowe: $V_1 = 8,358$ kN ; $V_2 = 9,183$ kN.

**Wymiary przekroju:**

IPE 220: $h = 220$; $g = 5,9$; $s = 110$; $t = 9,2$; $r = 12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg} = 2770$; $J_{yg} = 205$; $A = 33,4$; $W_x = 252$; $W_y = 37,3$,

$i_x = 9,1$; $i_y = 2,5$; $J_w = 22672,3$; $J_t = 8,6$; $i_s = 9,4$.

Materiał: **S235**. Wytrzymałość $f_d = 215$ MPa.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Sily przekrojowe:

$$x_a = 2,19 \text{ m} ; x_b = 2,19 \text{ m}$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu:

$$M_x = -13,215 \text{ kN} \cdot \text{m}, \quad V_y = 1,478 \text{ kN}, \quad N = 0,00 \text{ kN}.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 52,5 \text{ MPa}$; $\sigma_c = -52,5 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\begin{aligned} - \text{normalne: } \sigma &= 0,0 & \Delta\sigma &= 52,5 \text{ MPa} & \psi_{oc} &= 1,00, \\ - \text{ściananie wzdłuż osi Y: } & & A_v &= 12,98 \text{ cm}^2 & \tau &= 1,1 \text{ MPa} & \psi_{ov} &= 1,00. \end{aligned}$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \sigma_{ec} &= \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 52,5 = 52,5 < 305 \text{ MPa}, \\ \tau_{ey} &= \tau / \psi_{ov} = 1,1 / 1,000 = 1,1 < 0,58 \times 305 = 176,9 \text{ MPa}, \\ \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} &= \sqrt{52,5^2 + 3 \times 0,0^2} = 52,5 < 215 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

– przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\begin{aligned} \kappa_a &= 1,000 & \kappa_b &= 1,000 & \text{węzły nieprzesuwne} & \Rightarrow & \mu &= 1,000 & \text{dla } l_o &= 4,380 \text{ m}, \\ l_w &= 1,000 \times 4,380 & & & & & & & &= 4,380 \text{ m}, \end{aligned}$$

– przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\begin{aligned} \kappa_a &= 1,000 & \kappa_b &= 1,000 & \text{węzły nieprzesuwne} & \Rightarrow & \mu &= 1,000 & \text{dla } l_o &= 4,380 \text{ m}, \\ l_w &= 1,000 \times 4,380 & & & & & & & &= 4,380 \text{ m}, \end{aligned}$$

– dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$.

Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 4,380 \text{ m}$, długość wyboczeniowa $l_\omega = 4,380 \text{ m}$.

Sily krytyczne:

$$\begin{aligned} N_x &= \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2770}{4,38^2} 10^{-2} = 2918,39 \text{ kN}, \\ N_y &= \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 205}{4,38^2} 10^{-2} = 215,98 \text{ kN}, \\ N_z &= \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{9,4^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 22672,3}{4,38^2} 10^{-2} + 80 \times 8,6 \times 10^2 \right), \\ N_z &= 1048,96 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Nośność przekroju z uwagi na zginanie:

– względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 252 \times 215 \times 10^{-3} = 54,18 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Współczynnik zwiczerzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,00$ wynosi $\varphi_L = 1,00$.

Warunek nośności:

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{13,215}{1,000 \times 54,18} = 0,244 < 1,0.$$

Uwaga: Nośność z uwagi na zginanie jest zachowana z dużym zapasem bezpieczeństwa.

Nośność przekroju z uwagi na ścinanie:

– wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \cdot A_V \cdot f_d = 0,58 \cdot 0,59 \cdot 22,0 \cdot 215 \cdot 10^{-1} = 161,86 \text{ kN} ,$$

$$V_o = 0,6 V_R = 0,6 \cdot 161,86 = 97,11 \text{ kN} .$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,18 \text{ kN} < V_R = 161,86 \text{ kN} \text{ – nośność z uwagi na ścinanie jest zachowana.}$$

Stan graniczny ugięcia:

Ugięcie względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynosi:

$$a_{\max} = 4,2 \text{ mm} < a_{\text{gr}} = l / 350 = 4380 / 350 = 12,5 \text{ mm} .$$

Uwaga: *Ugięcie najsilniej obciążonej belki rusztu jest dużo mniejsze od wartości granicznej.*

6. Zalecenia dotyczące realizacji stalowego rusztu

Przystosowanie usytuowanego na II piętrze pomieszczenia Nr 4 dla potrzeb Pracowni Elektrofizjologii wymaga wykonania prac przygotowawczych i adaptacyjno-remontowych, których zakres przedstawiono w pkt. 3.2 (str. 17) niniejszego opracowania.

Zwiększenie nośności części stropu DMS nad salą chorych Nr 5 usytuowaną na I piętrze oddziału Kardiologii, wymaga wykonania konstrukcji odcciążającej w postaci stalowego rusztu, którego ogólną koncepcję oraz podstawowe dane wymiarowe przedstawiono na rys. K-1.

• Prace przygotowawcze

Przed przystąpieniem do montażu elementów rusztu należy wykonać od strony sali chorych Nr 5 następujący zakres prac przygotowawczych:

- przy obu ścianach nośnych usytuowanych w osiach „B” i „C” wykonać niewielkie, lokalne odkrywki belek DMS w celu wytrasowania ich osi na tynku sufitowym oraz wcześniej wspomnianych przegrodach,
- w kolejnym etapie na obu ścianach nośnych oraz suficie pomieszczenia wytrasować osie głównych elementów nośnych stalowego rusztu, tj. belek oznaczonych na rys. K-1 symbolami BS-1 i BS-2, osie belek rusztu leżą w tej samej płaszczyźnie co pionowe osie symetrii wsporników WS-1 oraz podpory słupowej PS-1, co preferuje użycie do ich wytrasowania krzyżowej poziomicy laserowej,
- sprawdzić poprzez pomiar w naturze ok. 25 cm poniżej sufitu pomieszczenia – w liniach wcześniej wytrasowanych osi belek BS-1 i BS-2 – odległości pomiędzy surowymi ścianami nośnymi w celu ewentualnej korekty długości dwuteowników IPE 220 lub równoważnych podanych na rys. K-2 i K-3,
- biorąc pod uwagę wytyczne wymiarowe przedstawione na rys. K-4 przystąpić do wyznaczenia – na obu poprzecznych ścianach nośnych – poziomu blach BO-2 wsporników WS-1, a następnie przy użyciu poziomicy laserowej lub łąty i niwelatora sprawdzić czy w połowie odległości między ścianami nośnymi zachowany będzie co najmniej 10 mm prześwit pomiędzy sufitem i górną półką dwuteownika IPE 220 lub równoważnego, w razie potrzeby skorygować rzędne poziomów blach BO-2,
- przystąpić do wytrasowania i wiercenia otworów ϕ 18 mm pod kotwy wklejane M16 klasy 8.8 służące do osadzenia na ścianach stalowych wsporników WS-1, głębokość otworów bez tynku 200 mm, rozstaw w pionie i poziome 225×150 mm, patrz blacha BO-1 rys. K-4,

- wyciąć gniazdo o wymiarach $\sim 160 \times 320$ mm i głębokości $35 \div 45$ mm w posadzce przy ścianie usytuowanej w osi „B” (rys. K-1) pod stalową podporę słupową PS-1 (rys. K-5), starannie oczyścić zagłębienie z kurzu, pyłu, części luźnych i pseudo związanych, obficie nawilżyć wodą i po przeschnięciu podłoża do stanu matowo-wilgotnego, wyrównać je szybkowiązającą zaprawą lub samopoziomującą o grubości ok. $20 \div 30$ mm zapewniającej zlicowanie blachy podstawy podpory PS-1 z powierzchnią istniejącej terakoty, świeżej zaprawie należy zapewnić wilgotne warunki dojrzewania przez co najmniej 48 godzin,
- po upływie min. 3 dni od wykonania wylewki przystąpić do wytrasowania i wiercenia otworów $\phi 14$ mm pod kotwy wklejane M12 klasy 8.8 (rys. K-5) stanowiące połączenie słupowej podpory PS-1 z odcinkiem ściany kominowej usytuowanej w osi „B”, pamiętać o zweryfikowaniu i ewentualnej korekcie długości ceownika 200, tak aby blacha głowicowa BO-2 stanowiąca oparcie dla belki BS-2 (rys. K-5) znajdowała się na wysokości zapewniającej co najmniej 10 mm prześwit pomiędzy sufitem i górną półką dwuteownika IPE 220 lub równoważnego, trasowanie otworów $\phi 14$ mm wykonać przy użyciu szablonu w postaci wcześniej przygotowanego z nawierconymi otworami ceownika 200 (rys. K-5, element nr 4),
- zarówno wsporniki WS-1, jak i podporę słupową PS-1 montować na ścianie bez tynku za pomocą kotew wklejanych M12 kl.8.8 w przypadku podpory PS-1 oraz M16 kl.8.8 w przypadku wsporników WS-1, dopuszcza się możliwość zastąpienia kotew galwanicznie ocynkowanymi prętami M12 i M16 \times 1000 mm kl. 8.8, w obu przypadkach kotwy wklejać przy użyciu iniekcyjnej żywicy hybrydowej.

• Montaż stalowego rusztu

Przystosowanie stropu pomieszczenia Nr 4 (II piętro) do przenoszenia zwiększonych obciążeń eksploatacyjnych wymaga wykonania następujących prac:

- zawieszenia na obu ścianach nośnych usytuowanej na I piętrze sali chorych Nr 5 (rys. K-1) stalowych, spawanych wsporników WS-1 wykonanych zgodnie z rys. K-4 z blach o grub. 8, 12 i 16 mm ze stali S235, wsporniki mocować w cegle za pomocą czterech kotew M16 kl. 8.8 przy użyciu żywicy hybrydowej, w przypadku gdyby okazało się, iż otwory $\phi 18$ mm pod kotwy M16 sytuują się w poziomie spoiny muru, należy wykonać otwory przelotowe, zastąpić kotwy ocynkowanymi prętami M12 \times 1000 mm kl. 8.8 przyciętymi na odpowiednią długość, zaś na przeciwległej płaszczyźnie ściany wprowadzić blachy BO-1 o identycznych wymiarach jakie stosowano we wspornikach WS-1,
- przystąpić do montażu stalowej podpory słupowej PS-1, w pierwszym etapie na wystające ze ściany kotwy M12 nałożyć blachy dystansowe BO-3 (rys. K-5) po uprzednim miejscowym wyprawieniu ściany zaprawą wyrównawczą, a następnie przesunąć podporę PS-1 w miejsce projektowanego jej usytuowania, po naprowadzeniu podpory na wystające kotwy, założyć nakrętki z podkładkami i lekko je dokręcić, po sprawdzeniu i ewentualnym skorygowaniu położenia słupa nakrętki dokręcić kluczem dynamometrycznym (wymagany moment dokręcający $T_{inst} = 8 \text{ N}\cdot\text{m}$),
- główne elementy nośne rusztu wykonać z trzech odcinków o długości $2L_1 + L_2 = 2 \times 820 + 2760$ mm – w przypadku belki BS-1 oraz $L_1 + L_2 + L_3 = 820 + 2760 + 755$ mm – w przypadku belki BS-2, scalanych w warunkach budowy poprzez czołowy styk śrubowy składający się z dwóch blach czołowych $240 \times 130 \times 20$ mm oraz czterech śrub M16 klasy 10.9 HV rozsuniętych o 130 mm w pionie oraz 80 mm w poziomie (rys. K-2

i K-3), belki rusztu zwiększające nośność podchwytywanego stropu oprzeć na spawanych, stalowych wspornikach WS-1 oraz stalowej podporze słupowej PS-1, w razie potrzeby usunąć lokalnie tynk sufitowy nad miejscami łączenia blach węzłowych nr 3 czołowych styków śrubowych belek BS-1 i BS-2 (rys. K-4), dopuszcza się możliwość realizacji belek rusztu BS-1 i BS-2 z dwóch lub jednego odcinka dwuteownika IPE 220 lub równoważnego (stal S 235), w tym względnie ostateczna decyzja należy do Wykonawcy, który powinien mieć na uwadze masę elementów montowanych na wysokości ok. 285 cm ponad poziomem posadzki,

- przycięte na odpowiednią długość rozpory IPE 200 lub równoważnej (stal S235) opierać na dolnych stopkach belek BS-1 i BS-2 i łączyć z ich środkami śrubami M16 klasy 8.8 o dł. 50 mm poprzez dwa symetrycznie usytuowane kątowniki 100×100×8 mm (rys. K-6), w celu umożliwienia ewentualnej korekty położenia stalowych rozpór względem belek IPE 220 lub równoważnych w jednym z ramion kątowników łączących ze sobą te elementy przewidziano wykonanie otworów typu „fasolka” o średnicy 18 mm oraz długości 24 mm,
- klinowanie belek stropu DMS realizować na górnych półkach rozpór IPE 200 lub równoważnych przy użyciu stalowych blach o grub. 8, 10 i 12 mm i wymiarach 100×120 mm (rys. K-6) po wcześniejszym lokalnym odsłonięciu stopek belek DMS poprzez usunięcie tynku, klinowanie rozpocząć od skrajnych rzędów rozpór wsuwając w pierwszej kolejności blachę o grub. 10 mm, a następnie o grubości nieco większej od prześwitu powstałej szczeliny, tak aby kolejna blacha wbijana była z niewielkim oporem.

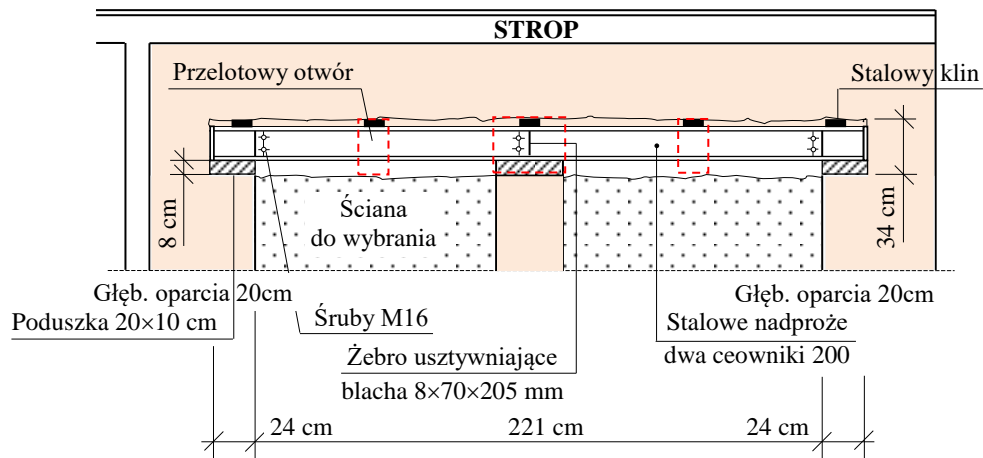
• **Inne dodatkowe zalecenia:**

1. Otwory pod kotwy wklejane czyścić ze zwiercin i pyłu za pomocą sprężonego powietrza i przemysłowego odkurzacza.
2. Przejazd angiografu, stacji roboczej i stołu pacjenta korytarzem komunikacyjnym a także wjazd i wyjazd z usytuowanego na II piętrze pomieszczenia Nr 4 wymaga stosowania podkładów rozpraszających obciążenia na większą powierzchnię stropu, np. w postaci desek o grubości min. 38 mm lub odpowiednio sztywnych płyt. Zalecenie to dotyczy także rusztowań, które należy ustawiać na identycznych podkładach sytuowanych prostopadle do belek stropu DMS.
3. Wszystkie elementy stalowe starannie oczyścić i odtłuścić oraz zabezpieczyć antykorozyjnie farbą do gruntowania oraz nawierzchniową, **poliuretanową lub akrylową**, nakładaną pędzlem lub natryskiem bezpowietrznym. W przypadku konieczności wykonania ogniochronnego zabezpieczenia stali zaleca się zastosowanie wyrobów malarskich tj. trójwarstwowej pęczniejącej powłoki składającej się z rozpuszczalnikowej mieszaniny żywicy oraz środków pianotwórczych i przeciw palnych. Po aplikacji i utwardzeniu zabezpieczenie to tworzy gładką elastyczną powłokę, odporną na odkształcenia. Powłokę malarską nakłada się na powierzchnie uprzednio zabezpieczone przed korozją farbą podkładową.
4. Na całej powierzchni lub części stropu zabezpieczonej stalowym rusztem wykonać lekki, estetyczny sufit podwieszany, natomiast stalową podporę słupową PS-1 obudować ogniochronnymi płytami gipsowo-kartonowymi.

• **Sposób bezpiecznego wykonania stalowego nadproża w ścianie o grub. 25 cm**

1. Wykuć przelotowe gniazda w miejscach projektowanego oparcia nadproża (rys.6.1):
Gniazda skrajne: długość 24 cm, głębokość = grubości ściany, wysokość ok. 34 cm,

Gniazdo pośredniej podpory: długość 25 cm, głębokość 25 cm, wysokość ok. 34 cm,
 Nadproże: dwa ceowniki 200 (stal S235) rozsunięte o 95 mm o długości $L = 2610$ mm,
 Żebra usztywniające: $180 \times 60 \times 8$ mm – szt. 6 w rozstawie 1058/1052 mm



Rys. 6.1. Stalowe nadproże ściany nośnej w osi „B” usytuowane nad drzwiami i oknem obserwacji pacjenta

2. W miejscach projektowanego oparcia nadproża wykonać poduszki o grub. 8 cm z szybkowiążącej zaprawy montażowej z dodatkiem 25% jednofrakcyjnego żwiru $4 \div 8$ mm lub grubego piasku. Rzędną poziomą oparcia kształtowników nadproża ustalić z Działem Budowlanym szpitala po uzgodnieniu rodzaju i wysokości drzwi.
3. Po wcześniejszym nawierceniu ściany w miejscach projektowanych przebić, przystąpić do wykucia przelotowych gniazd pod krótkie stalowe stemple. Przebiccia ściany wykonać w połowie rozpiętości przeseł oraz nad podporą pośrednią (rys. 6.1, fot. 6.1).



Fot. 6.1. Rozmieszczone równomiernie na długości projektowanego nadproża krótkie stalowe stemple, ustawione w osi ściany i wyklinowane przy użyciu różnej grubości stalowych blach

4. Po dokładnym wyklinowaniu stalowych stempli przy użyciu różnej grubości blach, przystąpić do obustronnego nacięcia oraz przelotowego przekucia ściany na projektowanej rozpiętości otworu (fot. 6.2), tj. na odcinku o długości 221 cm usytuowanym pomiędzy wcześniej wykonanymi z zaprawy skrajnymi poduszkami.



Fot. 6.2. Przelotowe przekucie ściany, w którym rozprężne lub zwykłe stalowe stemple przekazują obciążenie z górnej partii ściany na jej dolną część

5. Przystąpić do osadzenia pierwszego kształtownika nadproża (ceownik 200) opierając go na wcześniej wykonanych poduszkach z zaprawy. Wsunąć w otwory nadproża (ϕ 17 mm) śruby M16 (klasy 4.8) oraz założyć tuleje dystansowe o długości 90 mm wykonane z rur bez szwu ϕ 21,3×2,5 mm (stal R35). Z drugiej strony ściany wprowadzić kolejny element (ceownik 200) po czym oba kształtowniki spiąć śrubami M16. W pobliżu pośredniej podpory – od strony otworu drzwiowego – założyć na dolnych stopkach ceowników stalowe „szczęki”, na których oparty zostanie (pomiędzy środkami kształtowników) słupkowy siłownik hydrauliczny (fot. 6.3).



Fot. 6.3. Kompletne nadproże z założonymi na dolnych stopkach stalowymi „szczękami” i siłownikiem hydraulicznym, przygotowane do wprowadzenia wstępnego ugięcia. Widok rozprężanego poprzez śrubę stalowego stempla oraz „szczęk” z ustawionym na nich siłownikiem hydraulicznym

6. Po wywołaniu ugięcia nadproża w wielkości ok. 3 mm przystąpić do klinowania górnych stopek ceowników 200 przy użyciu różnej grubości stalowych blach. ***Klinowanie realizować od podpór w kierunku środka przęsła.*** Wymuszenie 3 mm ugięcia nadproża będzie wymagało zastosowania słupkowego siłownika hydraulicznego o średnicy lub szerokości korpusu max. 90 mm i wysokości nie większej niż 300 mm. W przeciwnym przypadku przemieszczenie to będzie realizowane wyłącznie poprzez klinowanie blachami.



Fot. 6.4. Klinowanie górnych stopek nadproża przy użyciu stalowych blach

7. Po dokładnym wyklinowaniu nadproża na całej jego długości, zwolnić i zdemontować siłownik wraz ze „szczękami” oraz wcześniej założone stalowe stemple, po czym przystąpić do osiatkowania i szpałdowania obu stron nadproża.

W przedmiotowej ścianie można wykonać otwór bez podpory pośredniej o rozpiętości w świetle muru bez tynku $L_n = 221$ cm pod warunkiem spełnienia następujących zaleceń:

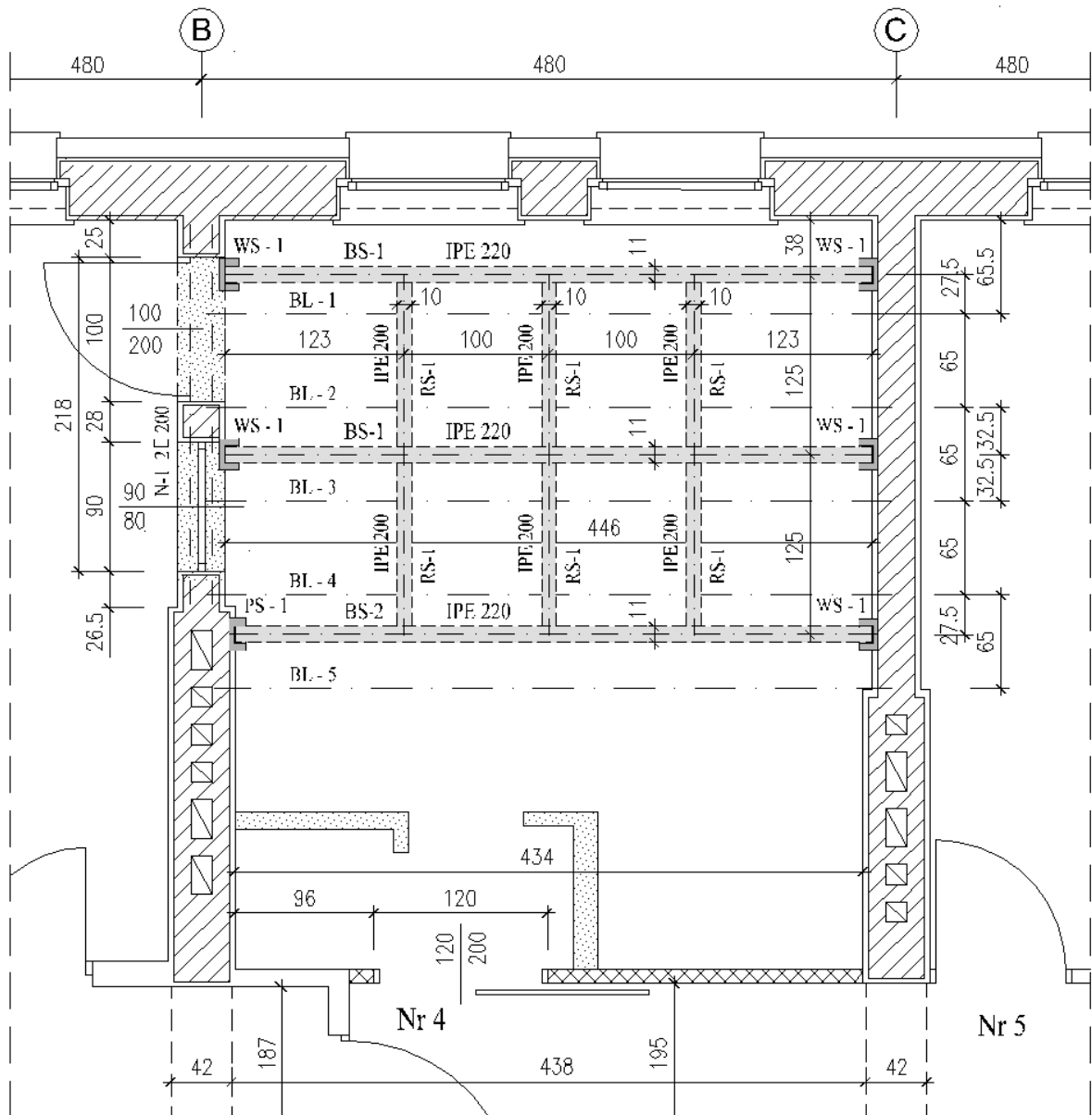
- zwiększenia głębokości oparcia kształtowników nadproża do 220 mm,
- zastosowania żeber usztywniających w liczbie 8 sztuk, tj. po 4 szt. na obie strony nadproża z zachowaniem rozstawu w wielkości 740/730/740 mm.


Dane wymiarowe oraz detale konstrukcyjne nadproża N-1 z podporą pośrednią przedstawiono na rys. K-7, natomiast nadproża N-1a bez podpory na rys. K-8.


Uwaga: Proponowane materiały można zastąpić analogicznymi produktami innych firm. Podczas aplikacji tych materiałów należy bezwzględnie stosować się do zaleceń zawartych w Kartach technicznych oraz przestrzegać wymaganego przez producenta reżimu technologicznego.

dr inż. Waldemar Borjaniec
uprawnienia budowlane AN/0346/385
specjalność: konstrukcje stalowe
§ 4 ust. 2 § 7 i § 13 ust. 1 pkt 2 § 6 ust. 3

Oddział Kardiologii - fragment rzutu II piętra



 - ściany do wyburzenia

 - ściana do wyburzenia i wykonania na nowo

BL-1 / BL-5 - belki wzmacnianego stropu DMS

BS-1 / BS-2 - stalowe belki nośne rusztu, dwuteownik IPE 220

RS-1 - stalowe rozpory rusztu, dwuteownik IPE 200

WS-1 - stalowe wsporniki mocowane w ścianach kotwami wklejnymi M16

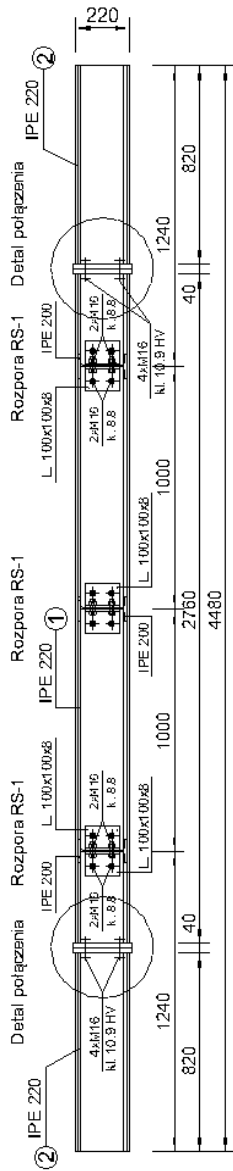
PS-1 - stalowa podpora słupowa wykonana z ceownika 200

N-1 - stalowe nadproże wykonane z dwóch ceowników 200

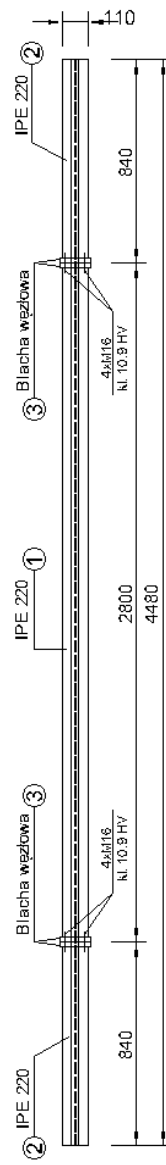
UWAGA: Skorygować długości dwuteowników IPE 220 poprzez pomiar w naturze odległości między surowymi ścianami nośnymi I piętra w sali chorych Nr 5

Rys. K-1. Wzmocnienie stropu nad I piętrzem stalowym rusztem

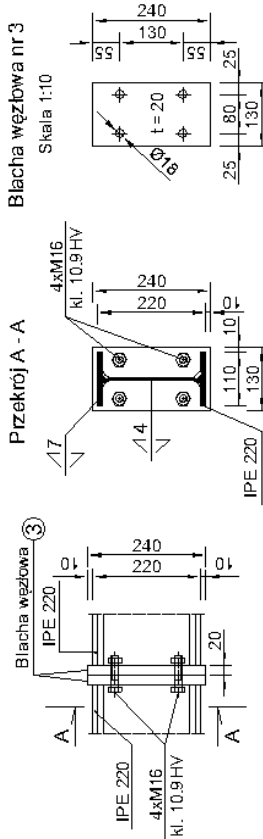
Belka BS-1, szt. 2 - widok z boku ; skala 1:50



Belka BS-1, szt. 2 - widok z góry ; skala 1:50



Detail połączenia - skala 1:10



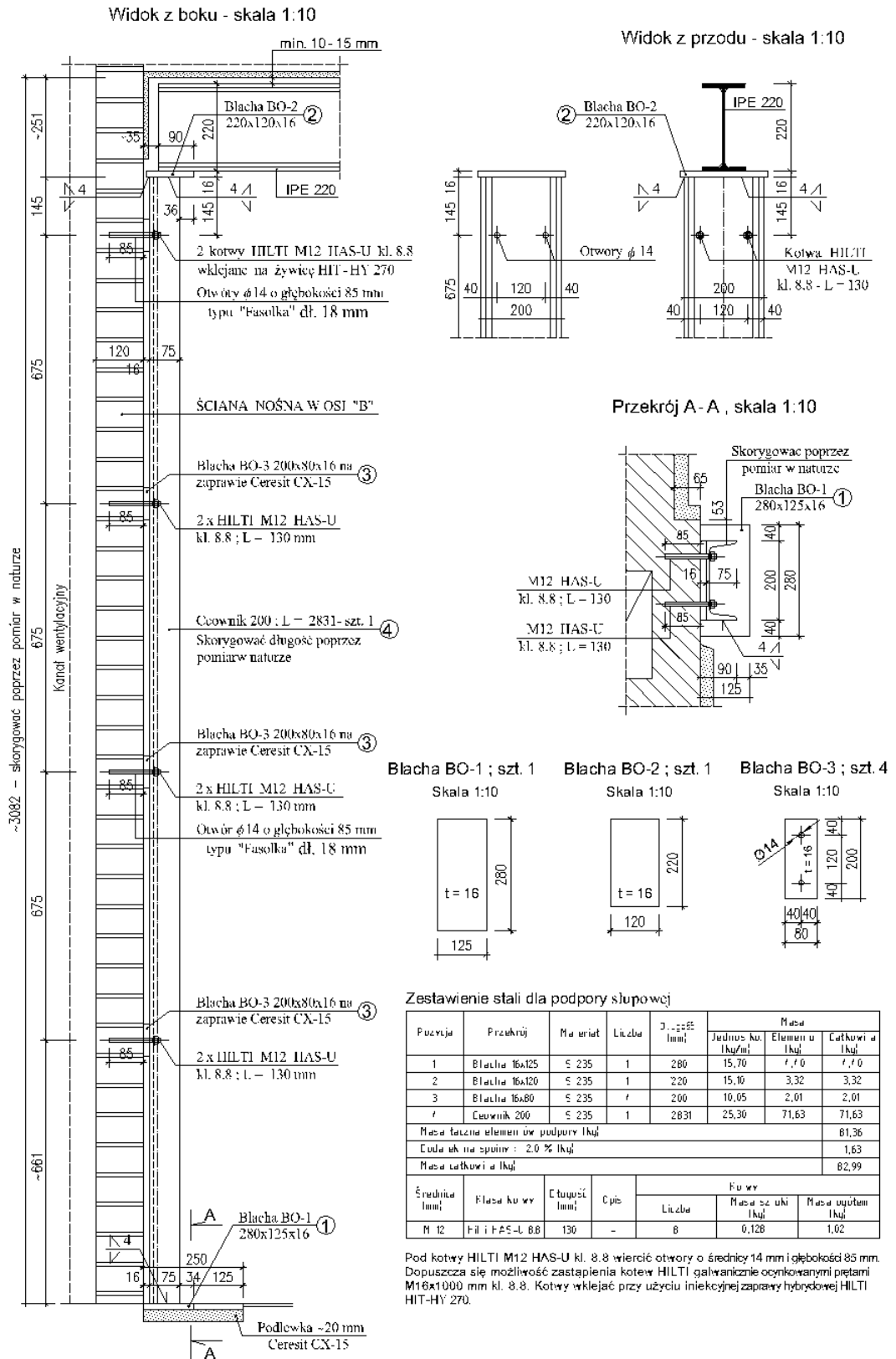
- Masa belki (IPE) - 137,58 kg
- Moment dokręcenia śrub M16 kl. 10.9 HV: - 320 N·m
- przy oliwieniu gwintu
- przy użyciu pasty mobilizującej - 260 N·m
- Podane wartości porównać z wartościami zalecanymi przez producenta
- Długość elementów nr 2 skorygować poprzez pomiar w naturze

Zestawienie stali dla jednej belki

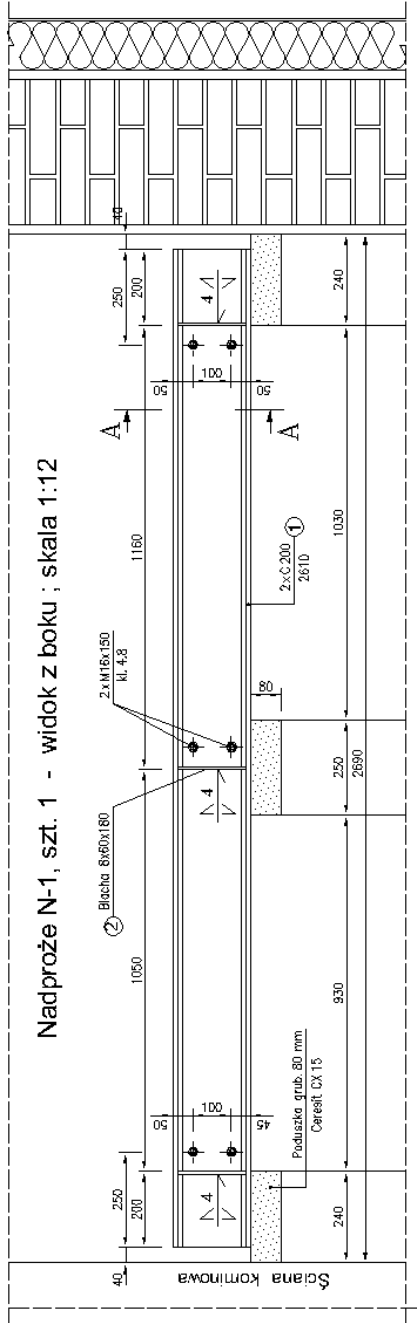
Porzeczka	Przekrój	Parametr	Liczba	Wzrost: mm	Jednostka	Całkowita
1	IPE 220	§ 235	1	2760	kg	72,31
2	IPE 220	§ 235	2	820	kg	12,97
3	Blacha 20x130	§ 235	1	270	kg	19,60
Masa łączna elementów belki: 104,88						
Dodatek na spoiny - 2,0 % kg						
Masa całkowita: 137,58						
Średnica						
		Klasa śrub	Opis	Liczba	Śrub	Masa ogółem
		M16	HY 10.9	70	8	1,23
		Makroelki	-	8	0,078	0,36
Łączny ciężar kg						1,59

Rys. K-2. Podział oraz sposób łączenia elementów belki BS-1 (IPE 200 lub równoważnej) za pomocą czolowego styku śrubowego

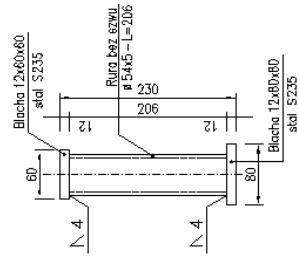
Sposób podparcia belki BS-2 przy trzonie wentylacyjnym
Podpora słupowa PS-1



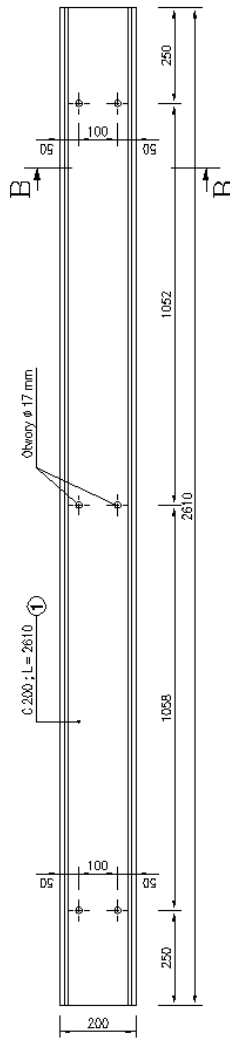
Rys. K-5. Sposób podparcia belki BS-2 podporą słupową PS-1 usytuowaną przy trzonie kominowym poprzecznej ściany nośnej w osi „B”



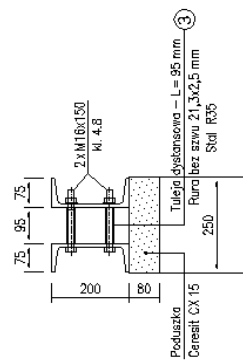
Podpora stempel - szt. 4
skala 1:6



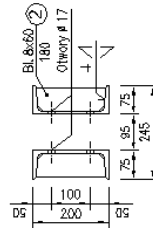
Belka nadprożowa C 200, szt. 2 - skala 1:12



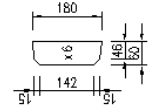
Przekrój A-A ; skala 1:12



Przekrój B-B ; skala 1:12



Element Nr 2, szt. 6
skala 1:12



Uwaga: Filarek między projekowanymi otworami wykonać z cegły wapienno-piaskowej. Krótkie stalowe stempole z rury bez szwu ϕ 54x5 mm lub rury kwadratowej 50x5 mm o długości 206 mm. Stal kształtownikowej blach S 235 Stal rur R35

Rys. K-7. Dwuprzęsłowe nadproże N-1 przewidziane do realizacji w ścianie nośnej w osi „B” Pracowni Elektrofizjologii

