

EKSPERTYZA TECHNICZNA
STANU STALOWEJ KONSTRUKCJI NOŚNEJ PERGOLI

Część I

**Stan techniczny pergoli nad przejazdem pomiędzy budynkiem ogólnotechnicznym
a budynkiem Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej**

WYKONAWCY:

Dr hab. inż. Mirosław Broniewicz	upr. bud. nr Bł/129/85	
Inż. Filip Broniewicz		
Inż. Karolina Dec		

Białystok, lipiec 2016

SPIS TREŚCI

1. DANE OGÓLNE.....	4
1.1. Przedmiot opracowania	4
1.2. Podstawa opracowania	4
1.3. Cel opracowania	4
1.4. Podstawy merytoryczne i wykorzystana literatura	4
2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	6
2.1. Informacje ogólne	6
2.2. Konstrukcja nośna	6
2.3. Warstwy stropowe	9
3. STAN KOROZYJNY ELEMENTÓW STALOWYCH	10
4. INWENTARYZACJA ELEMENTÓW KONSTRUKCJI NOŚNEJ.....	13
5. ANALIZA OBLICZENIOWA KONSTRUKCJI	16
5.1. Podstawa merytoryczna	16
5.2. Główne elementy konstrukcyjne – założenia wstępne	16
5.3. Obciążenia działające na 1 m ² płyty	17
5.4. Model przestrzenny konstrukcji	17
5.5. Analiza nośności	19
6. WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI	26
6.1. Wzmocnienie pasów dolnych rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C160 między osiami 2' – 3'	27
6.2. Wzmocnienie pasów dolnych rygli kratowych bocznych 12 m wykonanych z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2'	28
6.3. Wzmocnienie blach podporowych podtrzymujące rygle stropowe w osiach od b do h mm między osiami 1' – 2'	29
6.4. Wymiana uszkodzonych fragmentów pasów dolnych między osiami e i f	29
6.5. Dodatkowe podparcie płyt stropowych w osi f.....	30
7. OCENA STANU TECHNICZNEGO PŁYT STROPOWYCH.....	36

7.1. Informacje ogólne	36
7.2. Naprawa uszkodzonych elementów żelbetowych	37
8. OCENA STANU TECHNICZNEGO KONSTRUKCJI SCHODÓW	40
9. WNIOSKI I ZALECENIA	42
9.1. Zakres przeprowadzonych badań.....	42
9.2. Niezbędne wzmocnienia stalowej konstrukcji nośnej.....	42
9.3. Naprawa uszkodzonych płyt stropowych.....	44
9.4. Wypełnienie przestrzeni między płytami kanałowymi 6 m a ścianami bocznymi	44
9.5. Naprawa elementów klatki schodowej	44
9.6. Wnioski końcowe	44
ZAŁĄCZNIK 1	
ZAŁĄCZNIK 2	

1. DANE OGÓLNE

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ocena stanu technicznego konstrukcji stalowej pergoli nad przejazdem pomiędzy budynkiem ogólnotechnicznym a budynkiem Wydziału Mechanicznego w Politechnice Białostockiej, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok.

1.2. Podstawa opracowania

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Politechniki Białostockiej ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok. z dnia 8.07.2016 r.

1.3. Cel opracowania

Celem opracowania jest przeprowadzenie kompleksowych badań stanu technicznego konstrukcji nośnej pergoli w celu oszacowania jej nośności po dotychczasowym okresie eksploatacji oraz zaprojektowania ewentualnego wzmocnienia konstrukcji, pozwalającego na dalsze użytkowanie obiektu.

1.4. Podstawy merytoryczne i wykorzystana literatura

Ocenę stanu technicznego konstrukcji nośnej ciągu pieszego wykonano w oparciu o:

1. Umowę zawartą między Politechniką Białostocką, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok a autorem opracowania.
2. Wizje lokalne i badania makroskopowe stanu technicznego obiektu.
3. Dokumentacje techniczne.
 - a) Dokumentacja techniczna. „Projekt techniczny zadania ciągu pieszego – Architektura, Wojewódzka Dyrekcja Inwestycji Miejskich m Białystok, ul. Malmeda 8 z roku 1973.
4. Normy projektowe:
 - a) Norma PN EN 1992-1-1 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków.
 - b) Norma PN EN 206-1:2003 Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

- c) Norma PN EN 1766:2001 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Betony wzorcowe do badań.
 - d) Norma PN EN 1504 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności.
 - e) Norma PN EN 12504-2 Badania betonu w konstrukcjach. Część 2: Badania nieniszczące.
 - f) Norma PN-62/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie (z poprawkami wprowadzonymi do dnia 31.10.1973 r.
 - g) Norma PN-64/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne.
5. Publikacje naukowe
- a) Concrete Repair Manual, ACI International, Farmington Hills, USA, 2003.
 - b) Ajdukiewicz A., Mames J.: Konstrukcje z betonu sprężonego. Polski Cement Sp. z o.o. Kraków, 2004.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

2.1. Informacje ogólne

Analizowana konstrukcja stanowi ustrój nośny ciągu pieszego łączącego ze sobą budynki Politechniki Białostockiej (rys. 2-1). Ciąg pieszcy jest obiektem budowlanym dwupoziomowym o segmentach połączonych klatkami schodowymi o konstrukcji żelbetowej. Długość ciągu pieszego znajdującego się między budynkiem Wydziału Mechanicznego a ul. Wiejską wynosi 13,232 m, a jego szerokość wynosi 6,0 m. Odległość ciągu pieszego od budynku ogólnotechnicznego wynosi 6,0 m. Wysokość konstrukcyjna 1 poziomu ciągu pieszego wynosi 3,68 m, a wysokość konstrukcyjna 2 poziomu wynosi 3,50 m. Wysokość całkowita pergoli wynosi 7,18 m. Długość odcinka ciągu pieszego nad przejazdem pomiędzy budynkiem ogólnotechnicznym a budynkiem Wydziału Mechanicznego, który to odcinek jest przedmiotem niniejszego opracowania wynosi 18,0 m (Fot. 1 – Załącznik 1).

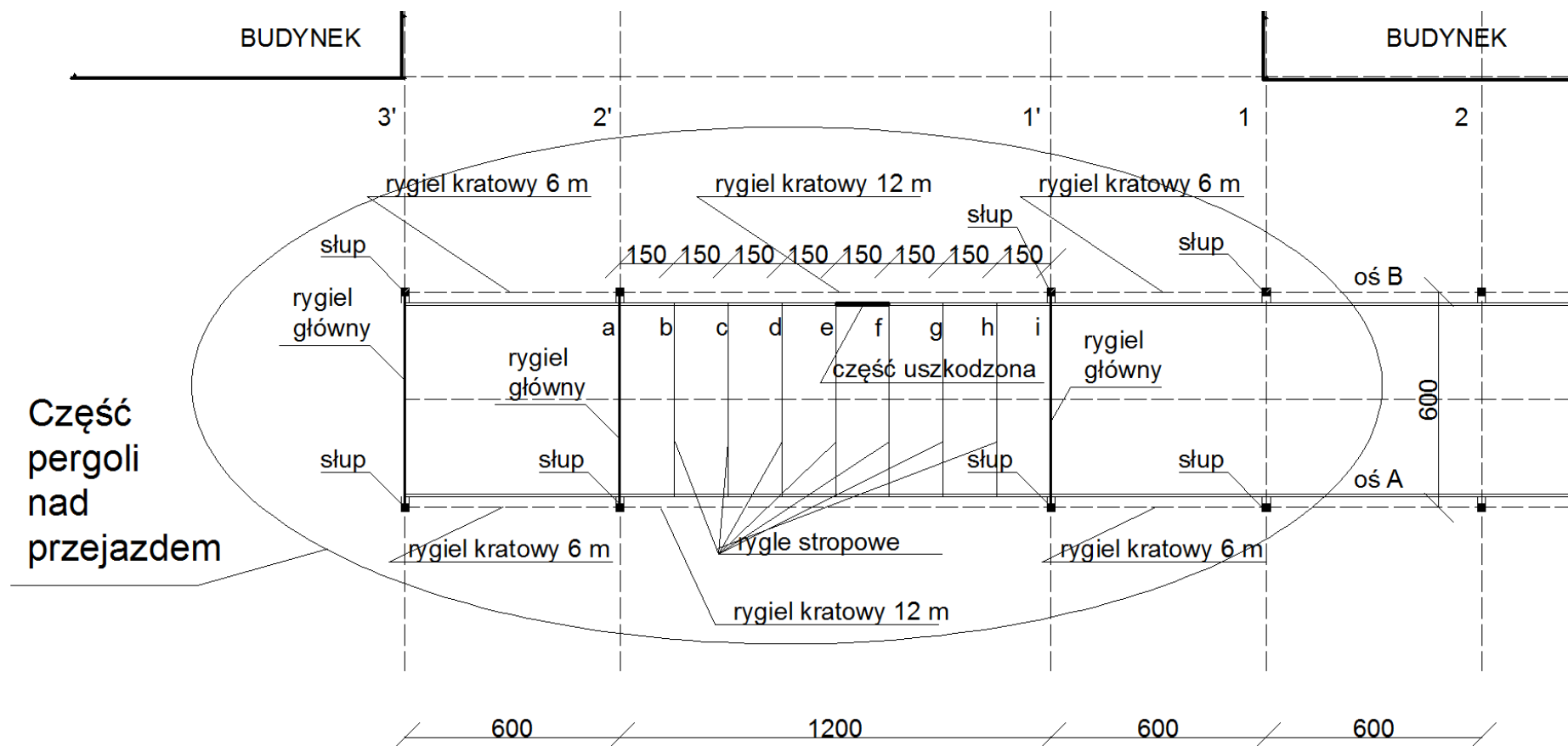
2.2. Konstrukcja nośna

2.2.1. Słupy

Elementami nośnymi ciągu pieszego są słupy stalowe wykonane, jako kształtowniki zamknięte z 2 ceowników gorąco walcowanych C 220 z wspawanymi po obu stronach słupa płaskownikami o szerokości 60 mm i grubości 10 mm (bl. 60x10 mm) – Fot. 2 – Załącznik 1. Słupy wykonano ze stali St3S o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kN/cm}^2$. Wysokość słupa ponad poziom terenu wynosi $h_p = 7,18 \text{ m}$ natomiast wysokość obliczeniowa słupa (ponad poziom stopy fundamentowej) wynosi $h_o = 8,30 \text{ m}$. Siatka rozstawu słupów nośnych wynosi 6,0 m x 6,0 m. Jedynie nad przejazdem tj. między osiami 1' oraz 2' rozstaw słupów nośnych wynosi 12,0 m.

2.2.2. Rygle główne

Słupy nośne stanowią podporę rygli głównych konstrukcji ciągu pieszego. Rygle główne są elementami o przekroju złożonym z dwóch ceowników C 260 rozsuniętych na odległość 15 mm, pomiędzy którymi jest wspawana blacha o wysokości 510 mm i grubości 10 mm, zakończona półką z płaskownika bl. 60x25 mm (Fot. 3 – Załącznik 1). Długość rygli głównych



Rys. 2-1 Część ciągu pieszego nad przejazdem będąca przedmiotem ekspertyzy technicznej

wynosi 5780 mm a ich wysokość konstrukcyjna wynosi 510 mm. Rygle główne są rozstawione w odległości co 6,0 m, jedynie między osiami 1' oraz 2' rozstaw rygli głównych wynosi 12,0 m. Wszystkie elementy składowe rygli głównych wykonano ze stali St3S o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kN/cm}^2$. Rygle główne są zamocowane do słupów za pomocą obwodowych spoin pachwinowych (Fot. 4 – Zał. 1).

2.2.3. Rygle kratowe boczne

Rygle kratowe boczne stanowią podpory boczne dla rygli stropowych podtrzymujących płyty stropowe (Fot. 5 – Zał. 1). Rygle kratowe boczne są wykonane w postaci układów kratowych o kształcie prostokąta o wymiarach: rygiel między osiami 3' i 2' wymiary 5,82 m x 1,60 m oraz rygiel między osiami 1' i 2' wymiary 11,82 m x 1,60 m. Pasy dolne rygli wykonane są z ceownika C 160 w wypadku 2 rygli o długości 6 m (między osiami 3' i 2') oraz z ceownika C100 w wypadku 2 rygli między osiami 1' i 2', pasy górne z ceownika C140, słupki z podwojonych ceowników C100 natomiast krzyżulce z kątowników równoramiennych L60x60x6 mm. Pomiędzy ceownikami C100 podwojonych słupków rygli kratowych znajdują się blachy podporowe podtrzymujące rygle stropowe o wymiarach 380x300x15 mm. Blachy te są spawane między elementy słupków kratownicy oraz podwojonych rygli stropowych. Wszystkie elementy rygli kratowych wykonano ze stali St3S o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kN/cm}^2$.

2.2.4. Rygle stropowe

Rygle stropowe podtrzymujące płyty stropowe o rozpiętości 1,5 m znajdują się tylko w najdłuższym 12-o metrowym przęśle ciągu pieszego (Fot. 6 – Załącznik 1). Wykonane są one jako przekrój złożony z dwóch ceowników C 160 o długości $l = 5260 \text{ mm}$ zestawionych środnikami z przerwą o szerokości 15 mm. Rozstaw rygli stropowych w przęśle nad przejazdem wynosi 1,5 m. Rygle stropowe opierają się na słupkach kratownic bocznych za pomocą blach węzłowych o wymiarach 380x300x15 mm (Fot. 7 – Zał. 1). Rygle stropowe wykonano ze stali St3S o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kN/cm}^2$.

2.2.5. Zadaszenie ciągu pieszego

Elementami nośnymi pokrycia dachowego są układy kratownicowe, prostokątne o rozpiętości 5780 mm i wysokości 540 mm, które opierają się na słupach nośnych.

Kratownice te stanowią oparcie dla rygli dachowych wykonanych z ceowników C 160 o długości $l = 3300$ mm, rozstawionych co 1,8 m, na których są ułożone płyty panwiowe stanowiące pokrycie dachu.

2.3. Warstwy stropowe

Posadzka 1 kondygnacji ciągu pieszego jest wykonana z 3 warstw: podsypki piaskowej o gr. 15 cm, gruzobetonu o gr. 15 cm oraz warstwy betonu o gr. 20 cm. Warstwę nośną stropu 1 kondygnacji stanowią płyty kanałowe oraz płyty stropowe. Nad pierwszym przęsłem od strony budynku Wydziału Mechanicznego rozpatrywanej części ciągu komunikacyjnego zastosowano płyty kanałowe o rozpiętości 6,0 m i szerokości 1,2 m (Fot. 8 – Załącznik 1), natomiast nad drugim przęsłem (nad przejazdem) zastosowano płyty stropowe o rozpiętości 1,5 m i szerokości 0,9 m (Fot. 9 – Zał. 1). Na pozostałe warstwy stropu składają się: izolacja z papy asfaltowej, szlichta betonowa gr. 2 cm oraz warstwa nawierzchniowa asfaltowa. Zadaszenie ciągu pieszego stanowią dachowe płyty korytkowe 180/60/11 o ciężarze 124 kg, zatarcie betonowe oraz pokrycie z blachy fałdowej.

3. STAN KOROZYJNY ELEMENTÓW STALOWYCH

Podczas przeglądu stanu technicznego konstrukcji ciągu pieszego, służba techniczna zaobserwowała duży stopień skorodowania elementów nośnych pergoli szczególnie w strefach podporowych dźwigarów (Fot. 1 – Załącznik 2). Zaobserwowano znaczną korozję warstwową (odwarstwienia) rygli głównych (Fot. 2 i 3 – Zał. 2) oraz stref oparcia płyt stropowych (Fot. 4 – Zał. 2). W skrajnych przypadkach, miejscowa korozja blach wyniosła ponad 40% przekroju brutto (Fot. 5 – Zał. 2). Fakt ten potwierdziła inwentaryzacja elementów podporowych po wypiastowaniu skorodowanych elementów (Fot. 6 – Zał. 2). Uwzględniając prawie 40% ubytek przekroju elementów oraz aktualny stan techniczny i fakt postępującej korozji w czasie, ostatecznie postanowiono wzmocnić wszystkie węzły podporowe belek stropowych w strefie między osiami 1' oraz 2', a także pasy dolne kratowych wiązarów bocznych.

Na tak zaawansowane procesy korozyjne elementów konstrukcji nośnej pergoli wpływ miały zarówno warunki środowiskowe jak i gatunek stali zastosowanej do wykonania konstrukcji. W czystym, suchym powietrzu, w temperaturze otoczenia korozja elementów stalowych takich jak np. słupy nośne jest nieznaczna dzięki utworzeniu na powierzchni cienkiej warstwy ochronnej. W warunkach kontaktu stali z wilgocią i to w warunkach braku ruchu powietrza tak jak to jest w przypadku konstrukcji pergoli zamkniętej okładziną z boazerii zaistniał proces przyśpieszonej korozji elektrochemicznej. Pierwszym produktem reakcji jest wodorotlenek żelazawy, który w wyniku dalszych reakcji z parą wodną i tlenem tworzy szereg uwodnionych wodorotlenków żelaza, a następnie luźno związaną z podłożem, przepuszczalną warstwę czerwobrunatnej rdzy, złożonej głównie z mieszaniny odmian uwodnionego tlenku żelazowego, co zaobserwowano w wielu miejscach w trakcie inspekcji konstrukcji.

Rdzewienie nieosłoniętej stali w normalnej atmosferze zależne jest, oprócz wilgotności, od stopnia zanieczyszczenia powietrza i jego temperatury. Rdzewienie w czystym powietrzu przy wilgotności względnej poniżej 100% jest prawie niezauważalne, jednak wzrasta gwałtownie już przy śladowych ilościach zanieczyszczeń znajdujących się w atmosferze miejskiej, zwłaszcza dwutlenku siarki. Na terenach miejskich procesy korozyjne mogą być również znacznie przyspieszone w związku z obecnością w powietrzu chlorków. Istotnym składnikiem mającym w tym wypadku także wpływ na wielkość korozji są zaobserwowane

zanieczyszczenia takie jak kurz oraz brud zbierający się na elementach pergoli gdyż właściwości higroskopijne cząstek kurzu i brudu sprzyjały zatrzymywaniu wilgoci na stali.

Głównym powodem degradacji stanu technicznego konstrukcji jest korozja warstwowa. W celu oszacowania wpływu tego zjawiska na stan techniczny konstrukcji przeprowadzono ocenę właściwości chemicznej i mechanicznej stali elementów konstrukcyjnych pergoli. Analiza chemiczna stali wykazała skład chemiczny przedstawiony w tabeli 3-1. Dla celów porównawczych przedstawiono również skład chemiczny stali niestopowej konstrukcyjnej ogólnego przeznaczenia gatunku St3S i St3SY zgodnie z normą PN-88/H-84020. Z porównania składu chemicznego zastosowanej stali wynika, że elementy stalowe zostały wykonane ze stali gatunku St3S.

Tabela 3-1. Skład chemiczny badanej stali i stali St3S oraz St3SY

Rodzaj stali	Skład chemiczny [%]								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
Rygiel	0,193	0,564	0,12	0,01	0,034	0,028	0,022	0,030	0,018
Słup	0,168	0,563	0,14	0,016	0,04	0,026	0,018	0,030	0,02
St3S	max	max	0,10- 0,35	max	max	max	max	max	max 0,02
St3SY	0,22	1,10	max 0,05	0,05	0,05	0,30	0,30	0,30	

Tabela 3-2. Właściwości materiałowe stali

Rodzaj stali	Twardość wg Brinella HB	Wartości z badań			PN/H-84020		R_m/R_{mB}	R_e/R_{eB}
		R_{mB} [MPa]	a	R_{eB} [MPa]	R_m [MPa]	R_e [MPa]		
Kątownik 50x50x5	139	434	0,63	275	średn. 425	235	0,98	0,85

Właściwości mechaniczne i plastyczne stali hali określono na podstawie badań twardości HB metodą Brinella, zgodnie z normą PN-EN ISO 6506-4: 2002. Według określonej średniej wartości HB oszacowano wartość charakterystyczną R_{mB} , a po przyjęciu wartości a , w zależności od zawartości węgla w stali, obliczono granice plastyczności R_{eB} o wartości 275 MPa (tabela 3-2). Obliczona wartość charakterystyczne R_{eB} jest o około 17% większe od normowej wartości $R_e = 235$ MPa, według PN-90/B-03200.

Stal zastosowana do produkcji profili walcowanych wykorzystanych do budowy pergoli gatunku St3S ma mikrostrukturę niejednorodną, ferrytyczno-perlityczną o wyraźnej kierunkowości ziaren i jest podatna na korozję. Bardzo często w stali tej ferryt i perlit grupują się w pasma równoległe do kierunku walcowania i położone są na przemian. Poszczególne pasma wykazują różne potencjały elektrodowe. W związku z tym powstają lokalne ogniwa na granicach ziaren, które decydują o zapoczątkowaniu korozji międzykrystalicznej. Przykładem korozji powodowanej niejednorodnością składu materiału jest korozja warstwowa (odwarstwienie) warstw powierzchniowych zaobserwowana w blachach i ściankach kształtowników. Często korozja ta ma charakter międzykrystaliczny i zachodzi z powstawaniem pęcherzy powodujących pęknięcia warstw powierzchniowych, jako skutek tworzenia się objętościowych produktów korozji. Jak wynika z analizy fotografii zamieszczonych w załączniku 1 taki rodzaj korozji wystąpił w blachach strefy podporowej belek wykonanych z ceowników.

4. INWENTARYZACJA ELEMENTÓW KONSTRUKCJI NOŚNEJ

Badanie elementów konstrukcji nośnej ze względu na stopień redukcji przekrojów spowodowany procesami korozji objęty inwentaryzacją elementów użytych do wykonania konstrukcji oraz powłoki antykorozyjnej.

Wyniki przeprowadzonej inwentaryzacji wybranych elementów konstrukcji nośnej ciągu pieszego przedstawiono w tabeli 4-1.

Jak wskazują pomiary liczne elementy nośne wykazują znaczną redukcję przekroju poprzecznego spowodowana nadmierną korozją wżerową. Najbardziej osłabiony przekrój mają pasy dolne rygli kratowych bocznych (max. 46,6%) oraz blachy podporowe (max. 28,6%). Także zaobserwowano miejscowe znaczne osłabienie przekroju pojedynczego krzyżulca z kątownika bocznych rygli kratowych (max. 37,6%) oraz miejscowe osłabienie przekroju rygla stropowego (max. 22%). Stan powłok zabezpieczających elementy stalowe jest niewystarczający a same powłoki wymagają odnowienia.

Wniosek: Elementy najbardziej osłabione przez korozję, tj. pasy dolne bocznych więźarów kratowych oraz blachy podporowe wymagają wzmocnienia całościowego. Pozostałe elementy tj. krzyżulec rygli kratowych wymagają miejscowego wzmocnienia w miejscach znacznej redukcji przekrojów.

Tabela 4-1 Wyniki inwentaryzacji elementów konstrukcji stalowej pergoli

Element	Pozycja Długość [mm]	Profil	Wymiary przekroju poprzedniego ¹⁾ [mm] Powierzchnia przekroju ¹⁾ [mm ²]	Pomierzone wymiary przekroju poprzecznego [mm]				Redukcja przekroju [%]
				Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	
Słup - ceownik	1 8300	C 220	220x80x9xx12,5 3980 mm ²	brak dostępu				
Słup- blacha	2 8300	bl. 60x10	60x10 600 mm ²	brak dostępu				
Rygiel główny pas dolny	3 5780	C 260	260x90x10xx14 5120 mm ²	258,6x89,4x9,8x13,6 4968 mm ²	259,4x89,6x10xx13,6 5031 mm ²	258,8x89,2x9,8x13,8 4998 mm ²	259,4x89,6x9,8xx13,6 4979 mm ²	2,3%
Rygiel główny środek	4 5780	bl. 510x10	510x10 5100 mm ²	brak dostępu				
Rygiel główny pas górny	5 5780	bl. 60x25	60x25 1500 mm ²	brak dostępu				
Rygiel kratowy 1 pas dolny	6 5820	C160	160x65x7,5x10,5 2565 mm ²	158,6x64,6x5,0x9,2 1982 mm ²	159,6x64,2x6,6x10,0 2337 mm ²	159,2x64,0x6,5x9,6 2264 mm ²	158,8x64,2x6,8x10,2 2390 mm ²	22,7%
Rygiel kratowy 2 pas dolny	7 11820	C100	100x50x6x8,5 1450 mm ²	82,0x32,6x4,2x6,6 775 mm ²	86,8x44,6x5,2x7,4 1111 mm ²	88,6x46,8x5,6x7,6 1208 mm ²	96,4x46,2x5,2x7,2 1167 mm ²	46.6%

Element	Pozycja Długość [mm]	Profil	Wymiary przekroju poprzedniego ¹⁾ [mm] Powierzchnia przekroju ¹⁾ [mm ²]	Pomierzone wymiary przekroju poprzecznego [mm]				Redukcja przekroju [%]
				Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	
Rygiel kratowy 1 pas górny	8 5820	C140	140x60x7x10 2180 mm ²	brak dostępu				
Rygiel kratowy 2 pas górny	9 11820	C140	140x60x7x10 2180 mm ²	brak dostępu				
Rygiel kratowy 2 słupki	10 1580	C100	100x50x6x8,5 1450 mm ²	98,6x49,4x5,8x8,2 1382 mm ²	99,6x49,4x5,8x8,4 1408 mm ²	99,4x49,6x5,9x8,4 1420 mm ²	99,6x49,8x5,8x8,3 1404 mm ²	4,7%
Rygiel kratowy 3 krzyżulec	11 2100	L60x6	60x60x6 720 mm ²	59,2x24,0x5,4 449 mm ²	59,6x59,0x5,6 664 mm ²	59,8x59,0x5,8 689 mm ²	59,6x59,0x5,6 664 mm ²	37,6%
Rygiel stropowy	12 5260	C 160	160x65x7,5x10,5 2565 mm ²	156,4x64,4x6,2x8,0 2000 mm ²	158,8x64,6x6,9x10,2 2414 mm ²	159,4x64,6x7,2x10,3 2478 mm ²	159,6x64,8x7,3x10,3 2500 mm ²	22,0%
Blacha podporowa	13 380	bl. 300x15	300x15 4500 mm ²	292x11 3212 mm ²	294x13 3822 mm ²	296x13 3848 mm ²	293x14 4102 mm ²	28,6%

5. ANALIZA OBLICZENIOWA KONSTRUKCJI

5.1. Podstawa merytoryczna

Podstawę merytoryczną analizy stanowią;

1. Archiwalna częściowa dokumentacja architektoniczna opracowana przez Wojewódzką Dyрекcję Inwestycji Miejskich m. Białystok, ul. Malmeda 8 z roku 1973.
2. Wizje lokalne i inwentaryzacja elementów nośnych obiektu.
3. Normy projektowe z okresu wykonywania projektu:
 - [N1] PN-62/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie (z poprawkami wprowadzonymi do dnia 31.10.1973 r.)
 - [N2] PN-64/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne.

5.2. Główne elementy konstrukcyjne – założenia wstępne

5.2.1. Materiał

Analizowaną konstrukcję wykonano ze stali St3S według normy PN/H-84020 o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215$ MPa.

5.2.2. Metoda wymiarowania elementów konstrukcji stalowych wykorzystana w projekcie

Konstrukcje stalową ciągu pieszego zwymiarowano zgodnie z normą PN-62/B-03200 metodą naprężeń dopuszczalnych, która była wykorzystana w obliczeniach w dokumentacji archiwalnej. Zgodnie z metodą naprężeń dopuszczalnych konstrukcja jest bezpieczna, o ile nie zostanie przekroczona wartość naprężeń dopuszczalnych. Wartość tę otrzymuje się dzieląc wartość granicy plastyczności przez współczynnik bezpieczeństwa. W metodzie tej przyjmuje się charakterystyczne wartości obciążeń.

5.3. Obciążenia działające na 1 m² płyty

W tabeli 5-1 zestawiono stałe obciążenia działające na płytę stropową ciągu pieszego.

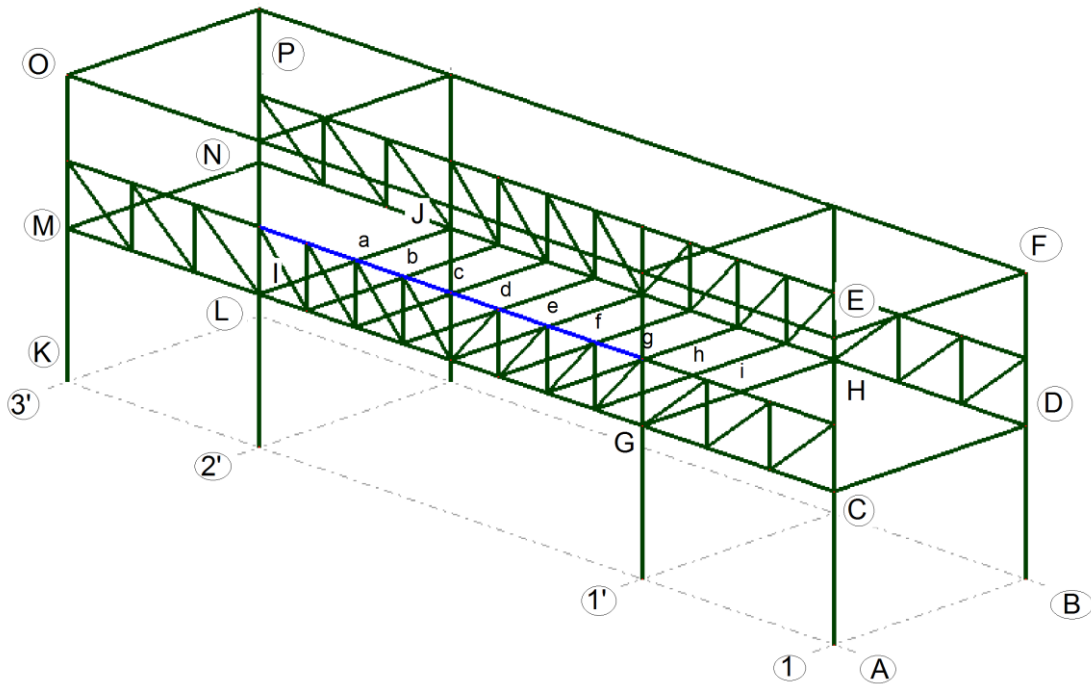
Tabela 5-1 Zestawienie obciążeń stropów ciągu pieszego

Poziom 1				
Element	ciężar [kg/m ²]			
Płyty chodnikowe 6cm	150			
Podlewka 1cm	25			
płyty stropowe kanałowe 24cm	365			
strop drewniany podwieszany	20			
ŁĄCZNIE	560	5,6	kN/m²	
Obciążenie ruchem pieszych		5	kN/m ²	
Obciążenie całkowite charakterystyczne		10,6	kN/m ²	
Obciążenie całkowite obliczeniowe		15,06	kN/m ²	
		22,59		
Obciążenie ścianą na kratownicę				
Cegła dziurawka 14 kN/m ³	3,136	kN/m		
Poziom 2				
Element	ciężar [kg/m ²]			
Blacha pokrycia	10			
Płytki korytkowe 11cm	115			
Podciągi stalowe	18,8			
Strop drewniany	20			
ŁĄCZNIE	163,8	1,638	kN/m²	
Obciążenie śniegiem		1,6	kN/m ²	
Obciążenie całkowite charakterystyczne		3,238		
Obciążenie całkowite obliczeniowe		4,6113		
		13,8339		
		41,5017		

5.4. Model przestrzenny konstrukcji

Z uwagi na nieregularne rozmieszczenie elementów zdolnych do przenoszenia obciążeń pionowych opracowano przestrzenny model prętowy składający się ze słupów, rygli głównych, rygli kratowych i rygli stropowych oraz sztywnych tarcz w poziomie stropów. Widok modelu pokazano na rys. 5-1. Przy pomocy opracowanego modelu numerycznego

oszacowano wartości sił wewnętrznych w poszczególnych elementach konstrukcji w przyjętym układzie obciążeń.



Rys. 5-1 Model numeryczny części ciągu pieszego nad przejazdem

Tabela 5-2 Zestawienie sił wewnętrznych

Osie	Przekrój	Materiał	Długość (mm)	Siła osiowa [kN]	Moment zginający [kNm]
1A	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	116,35	26,13
1'A	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	447,38	22,74
2'A	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	447,38	22,74
3'A	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	115,35	26,13
1B	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	116,35	26,13
1'B	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	447,38	22,74
2'B	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	447,38	22,74
3'B	słup 2C 220+2bl. 60x10	St3S	8300	116,35	26,13
C-D	(19)Rygiel główny 2C260+bl.510x10+bl.60x25	St3S	5780	92,72	62,50
G-H	(18)Rygiel główny 2C260+bl.510x10+bl.60x25	St3S	5780	115,14	89,09
M-N	(30)Rygiel główny 2C260+bl.510x10+bl.60x25	St3S	5780	92,72	62,50
L-J	(33)Rygiel główny 2C260+bl.510x10+bl.60x25	St3S	5780	115,14	89,09
a	(41)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62
b	(42)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62

Osie	Przekrój	Materiał	Długość (mm)	Siła osiowa [kN]	Moment zginający [kNm]
c	(43)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62
d	(44)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62
e	(45)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62
f	(46)Rygiel stropowy 2C160	St3S	5260	0,0	41,62
H-D	(17)Pas dolny kraty bocznej 6 m C 160	St3S	5820	78,23	-4,08
G-C	(27)Pas dolny kraty bocznej 6 m C 160	St3S	5820	78,23	-4,08
N-J	(29)Pas dolny kraty bocznej 6 m C 160	St3S	5820	78,23	-4,08
M-L	(113)Pas dolny kraty bocznej 6 m C 160	St3S	5820	78,23	4,08
H-D	(56)Pas górny kraty bocznej 6 m C 140	St3S	5820	-124,00	-0,15
G-C	(53)Pas górny kraty bocznej 6 m C 140	St3S	5820	-124,00	0,15
N-J	(54)Pas górny kraty bocznej 6 m C 140	St3S	5820	-124,00	-0,15
M-L	(51)Pas górny kraty bocznej 6 m C 140	St3S	5820	-124,00	0,15
J-H	(28)Pas dolny kraty bocznej 12 m C 100	St3S	11820	-196,20	-0,06
J-H	(55)Pas górny kraty bocznej 12 m C 140	St3S	11820	210,52	-0,04
L-G	(32)Pas dolny kraty bocznej 12 m C 100	St3S	11820	-196,20	-0,06
L-G	(52)Pas górny kraty bocznej 12 m C 140	St3S	11820	210,52	0,04

5.5. Analiza nośności

Obliczenia sprawdzające wykonano dla elementów niepodlegających wzmocnieniu według normy PN-90/B-03200.

5.5.1. Słupy (2C 220 + 2bl. 60x25)

Parametry geometryczne przekroju złożonego (rys. 5-2): $h = 220$ mm, $b = 220$ mm, $d = 170$ mm, $t_f = 12,5$ mm, $t_w = 9,0$ mm, $r = 12,5$ mm.

Powierzchnia

$$A = 86.19 \text{ cm}^2$$

Momenty bezwładności

$$I_x = 0.00 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 6632.30 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 6315.15 \text{ cm}^4$$

Promienie bezwładności

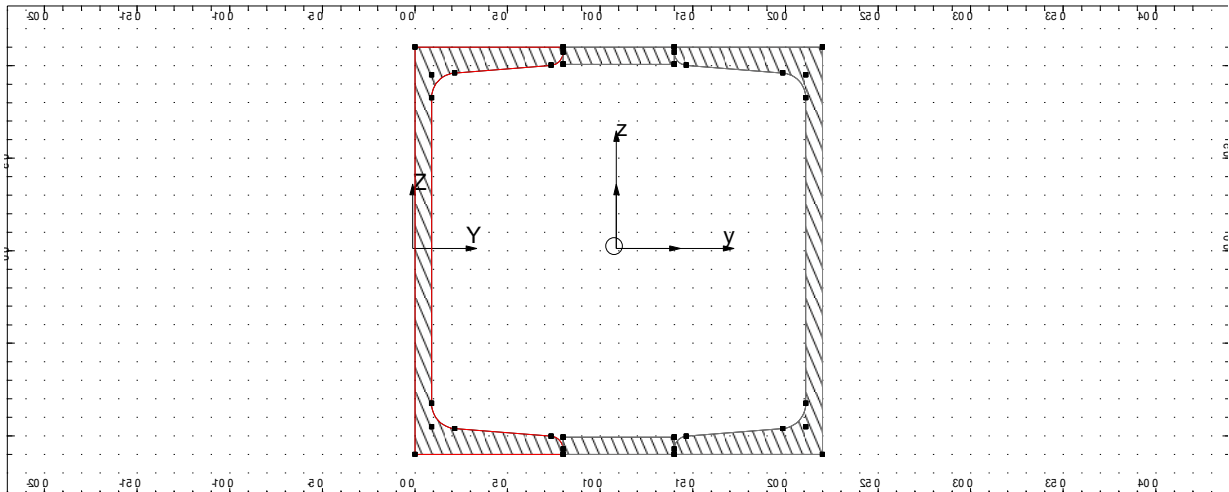
$$i_y = 8.8 \text{ cm}$$

$$i_z = 8.6 \text{ cm}$$

Wskaźniki wytrzymałości na zginanie

$$W_{ely} = 602.94 \text{ cm}^3$$

$$W_{elz} = 574.10 \text{ cm}^3$$



Stal St3S o $f_d = 215 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$,

Określenie klasy przekroju; $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$,

- ścianka środkowa: $d/t_w = 18,8 < 33\varepsilon = 33 \cdot 1,0 = 33$.

Przekrój spełnia warunki dla przekrojów klasy 1.

Określenie długości wyboczeniowej l w obu płaszczyznach głównych przekroju.

Długość wyboczeniową l_e słupa podpartego obustronnie w sposób przegubowo-nieprzesuwany można przyjmować równą długości teoretycznej L .

Długość wyboczeniowa względem osi y-y: $l_{e_y} = 1,5 \cdot 3600 = 5400$ mm.

Długość wyboczeniowa względem osi z-z: $l_{e_z} = 1,5 \cdot 7200 = 10800$ mm.

Określenie smukłości słupa w obu płaszczyznach głównych przekroju.

Smukłości słupa względem osi y-y i osi z-z:

$$\lambda_y = \frac{l_{e_y}}{i_y} = \frac{6000}{86} = 69,7 < 180,$$

$$\lambda_z = \frac{l_{e_z}}{i_z} = \frac{10800}{88} = 122,7 < 180.$$

Przyjęcie typu krzywej wyboczeniowej dla obu osi w zależności od rodzaju przekroju i grubości ścianek. Korzysta się z tabl. 10 - PN-90/B-03200.

Dla przekrojów spawanych skrzynkowych przyjęto krzywą b.

Określenie wartości współczynników φ w obu płaszczyznach wyboczenia.

Smukłość porównawcza:

$$\lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{215}} = 84.$$

Współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu względem osi y-y.

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{69,7}{84} = 0,83, \text{ stąd dla krzywej wyboczeniowej "b" } \varphi_y = 0,747.$$

Współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu względem osi z-z.

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{122,7}{84} = 1,46, \text{ stąd dla krzywej wyboczeniowej "b" } \varphi_z = 0,403.$$

Nośność obliczeniowa elementu ściskanego na wyboczenie: według wzoru.

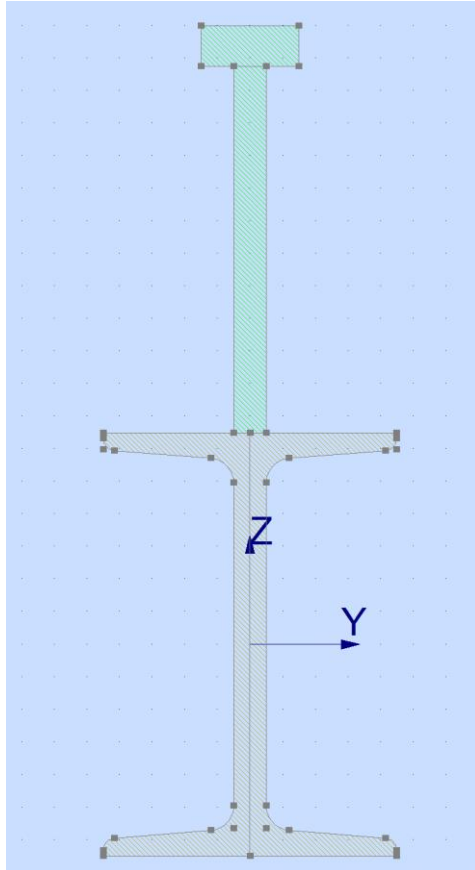
$$N_{b,Rd} = \varphi A f_y = 0,403 \cdot 86,19 \cdot 21,5 = 746,8 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku nośności jak dla elementów osiowo ściskanych.

$$N = 447,4 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 746,8 \text{ kN.}$$

5.5.2. Rygle główne (2C260 + bl. 310x10+ bl. 60x25)

Parametry geometryczne przekroju złożonego.



Powierzchnia

$$A = 156.75 \text{ cm}^2$$

Momenty bezwładności

$$I_y = 41084.42 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 1231.83 \text{ cm}^4$$

Promienie bezwładności

$$i_y = 16.2 \text{ cm}$$

$$i_z = 2.8 \text{ cm}$$

Wskaźniki wytrzymałości na zginanie

$$W_{ely} = 1492.82 \text{ cm}^3$$

$$W_{elz} = 136.87 \text{ cm}^3$$

Stal St3S o $f_d = 215 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$,

$$\text{Określenie klasy przekroju; } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0,$$

- ścianka środkowa: $d/t_w = 60 < 66\varepsilon = 66 \cdot 1,0 = 66$.

Przekrój spełnia warunki dla przekrojów klasy 1.

Nośność przekroju na zginanie.

$$M_R = W_{ely} \cdot f_d = 1492,82 \cdot 21,5 = 32095 \text{ kNcm} = 321 \text{ kNm}.$$

Sprawdzenie warunku nośności jak dla elementów zginanych.

$$M_d = 89,1 \text{ kN} < M_R = 321 \text{ kNm}.$$

Nośność przekroju na ścinanie.

$$A_v = 26 \cdot 2 \cdot 1,0 + 31 \cdot 1,0 = 83,0 \text{ cm}^2.$$

$$V_R = 0,58 A_v \cdot f_d = 0,58 \cdot 83 \cdot 21,5 = 1035 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku nośności jak dla elementów ścinanych.

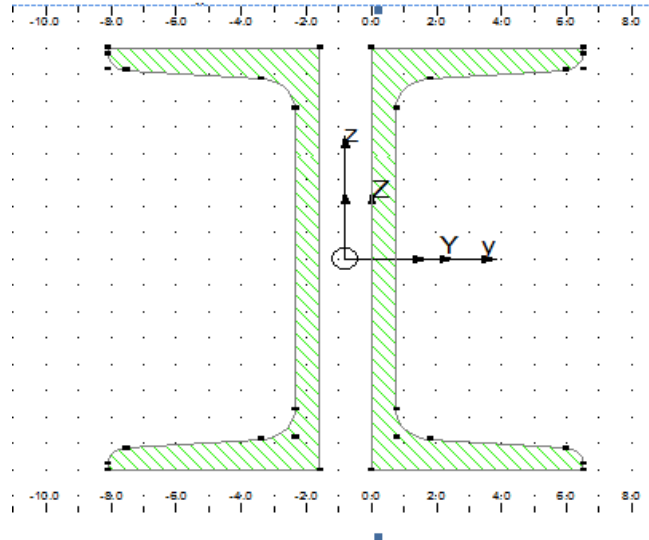
$$V = 115,1 < V_R = 1035,0 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie ugięcia: $l = 578 \text{ cm}$, $I_y = 41084,42 \text{ cm}^4$, $M_k = 89,1/1,2 = 74,3 \text{ kN}$

$$y = \frac{1}{48} \frac{M_y l^2}{EI} = \frac{1}{48} \frac{74300 \cdot 578^2}{20500 \cdot 41084} = 0,61 \text{ cm} < \frac{l}{250} = \frac{578}{250} = 2,3 \text{ cm}.$$

5.5.3. Rygle stropowe (2C160)

Parametry geometryczne przekroju złożonego: $h = 160$ mm, $b = 65$ mm, $d = 118$ mm, $t_f = 10,5$ mm, $t_w = 7,0$ mm, $r = 10,5$ mm.



Powierzchnia

$$A = 48.13 \text{ cm}^2$$

Momenty bezwładności

$$I_x = 0.00 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1853.11 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 503.34 \text{ cm}^4$$

Promienie bezwładności

$$i_y = 6.2 \text{ cm}$$

$$i_z = 3.2 \text{ cm}$$

Wskaźniki wytrzymałości na zginanie

$$W_{ely} = 231.64 \text{ cm}^3$$

$$W_{elz} = 68.95 \text{ cm}^3$$

Stal St3S o $f_d = 215 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$,

Określenie klasy przekroju; $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$,

- ścianka środkowa: $d/t_w = 22,9 < 66\varepsilon = 66 \cdot 1,0 = 66$.

Przekrój spełnia warunki dla przekrojów klasy 1.

Nośność przekroju na zginanie.

$$M_R = W_{ely} f_d = 231,6 \cdot 21,5 = 9960 \text{ kNcm} = 99,6 \text{ kNm}.$$

Sprawdzenie warunku nośności jak dla elementów zginanych.

$$M_d = 41,62 \text{ kNm} < M_R = 99,6 \text{ kNm}.$$

Nośność przekroju na ścinanie.

$$A_v = 16 \cdot 2 \cdot 0,7 = 22,4 \text{ cm}^2.$$

$$V_R = 0,58 A_v \cdot f_d = 0,58 \cdot 22,4 \cdot 21,5 = 279,3 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku nośności jak dla elementów ścinanych.

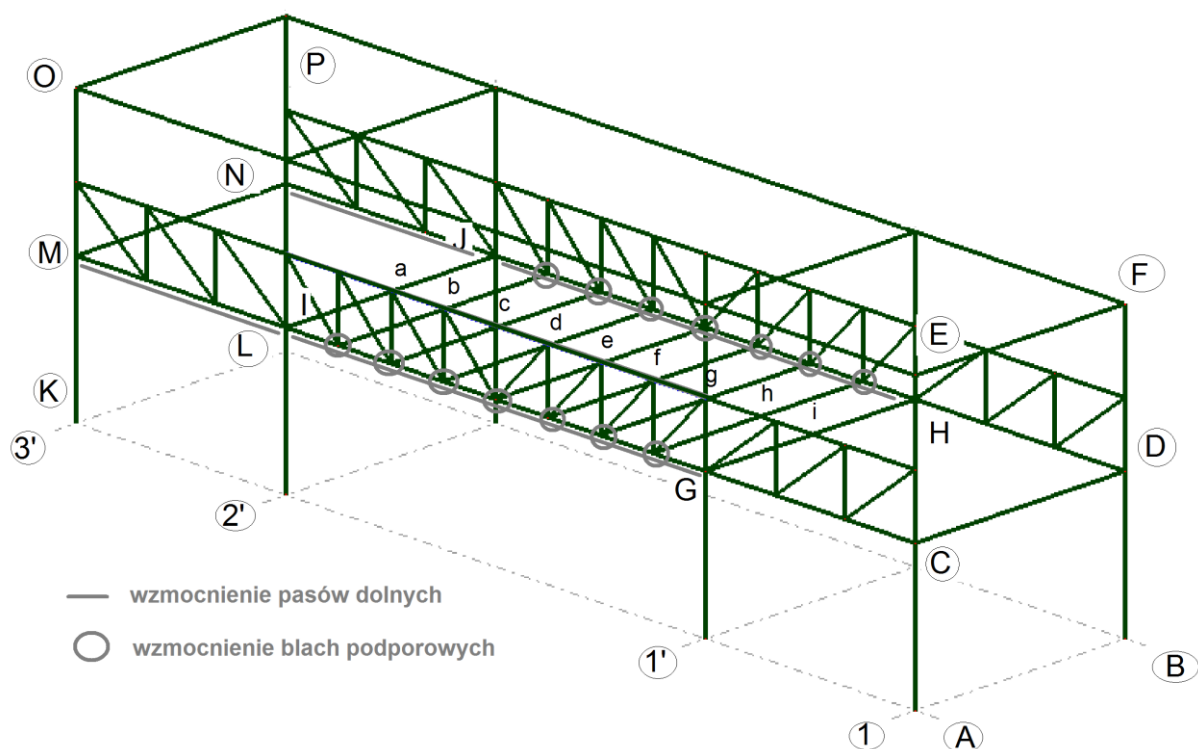
$$V = 38,2 \text{ kN} < V_R = 279,3 \text{ kN}.$$

6. WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI

W wyniku analizy wytrzymałościowej do wzmocnienia zakwalifikowano następujące elementy konstrukcji nośnej ciągu pieszego:

- 1) pasy dolne rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C160 między osiami 2' – 3'.
- 2) pasy dolne rygla kratowego bocznego 12 m wykonane z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2'.
- 3) blachy podporowe podtrzymujące rygle stropowe o wymiarach 380x300x15 mm między osiami 1' – 2'.

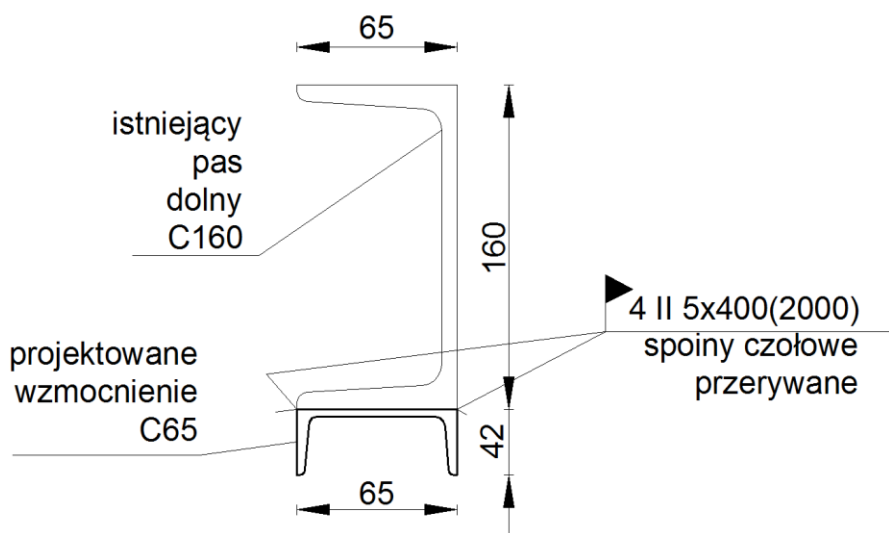
Ponadto należy wymienić uszkodzone fragmenty istniejących pasów dolnych rygli kratowych 12 m między osiami e i f oraz zapewnić dodatkowe podparcie uszkodzonych płyt stropowych w osi f.



Rys. 6-1 Elementy konstrukcji ciągu pieszego wymagające wzmocnienia

6.1. Wzmocnienie pasów dolnych rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C160 między osiami 2' – 3'

Wzmocnienie pasów dolnych dźwigara kratowego bocznego 6 m wykonanych z ceownika C160 między osiami 2' i 3' należy wykonać przez przyspawanie od dołu elementu wzmacniającego wykonanego z ceownika walcowanego C 65 zgodnie z rys. 6-2.



Rys. 6-2 Wzmocnienie pasów dolnych rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C100 między osiami 2' – 3'

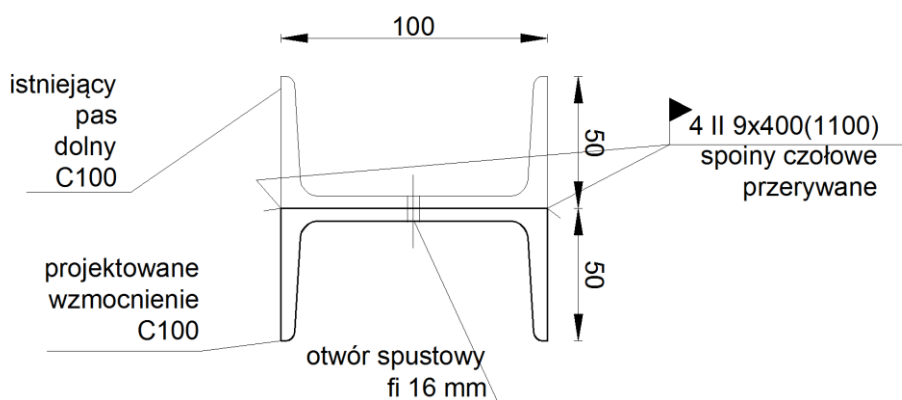
Element wzmacniający z ceownika C 65 ze stali gatunku S235 JR2 o długości 5880 mm (patrz rys. 6-5) należy przyspawać do istniejącego pasa dolnego wykonanego z ceownika C 160 za pomocą obustronnych spoin przerywanych czołowych o długości 400 mm rozstawionych co 2000 mm. Niezespawane fragmenty styku należy zabezpieczyć przed wnikaniem wilgoci odpowiednim materiałem uszczelniającym o wysokim module elastyczności oraz odporności na rozdieranie, np. Sikaflex TS Plus firmy Sika.

Elementy wzmacniające należy dopasować do istniejącej konstrukcji na montażu. Elementy wzmacniające pasy dolne kratownic bocznych powinny być przyspawane do półek dolnych ceowników C260 dźwigarów głównych (Fot. 6-1). Wpasowanie elementu wzmacniającego pasa dolnego na placu montażu powinno uwzględniać nacięcie skrajnych części elementów wzmacniających, nasunięcie ich na półki dolne dźwigarów głównych z C

260 oraz zespawanie, aby uzyskać trwałe zamocowanie elementu wzmacniającego do stopek dolnych dźwigarów głównych położonych w osiach 3' oraz 2' (rys. 6-5).

6.2. Wzmocnienie pasów dolnych rygli kratowych bocznych 12 m wykonanych z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2'

Wzmocnienie pasów dolnych rygli kratowych bocznych 12 m w osiach A i B (rys. 6-4), wykonanych z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2', należy wykonać poprzez przyspawanie od dołu elementu wzmacniającego wykonanego także z ceownika walcowanego C 100 ze stali S235J2 zgodnie z rys. 6-3.



Rys. 6-3 Wzmocnienie pasów dolnych rygli kratowych bocznych 12 m wykonanych z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2'

Element wzmacniający z ceownika C 100 ze stali gatunku S235 J2 o długości całkowitej 11880 mm należy wykonać z trzech części. Pierwsza część o długości 4530 od osi a do osi d, druga część o długości 4300 od osi d do osi g oraz trzecia część o długości 3050 mm od osi g do osi i (patrz rys. 6-5). Części te powinny być połączone ze sobą na montażu spoiną obwodową. W miejscach wykonywania spoin należy oczyścić powierzchnie elementów z powłoki lakierniczej.

Element wzmacniający należy przyspawać do istniejącego pasa dolnego wykonanego z ceownika C 100 za pomocą obustronnych spoin przerywanych czołowych o długości 400 mm rozstawionych co 1500 mm (w każdym węźle). Niezespawane fragmenty styku należy

zabezpieczyć przed wnikaniem wilgoci odpowiednim materiałem uszczelniającym o wysokim module elastyczności oraz odporności na rozdieranie, np. Sikaflex TS Plus firmy Sika. Elementy wzmacniające należy dopasować do istniejącej konstrukcji na montażu. Elementy wzmacniające pasy dolne kratownic bocznych powinny być przyspawane do półek dolnych ceowników C260 dźwigarów głównych. Wpasowanie elementu wzmacniającego pasa dolnego na placu montażu powinno uwzględniać nacięcie skrajnych części wzmacniających 1 i 3, nasunięcie ich na pasy dolne dźwigarów głównych z C 260 oraz zespawanie, aby uzyskać trwałe zamocowanie elementu wzmacniającego do stopek dolnych dźwigarów głównych położonych w osiach 2' oraz 1' (Fot. 6-2).

W celu odprowadzenia wody opadowej zbierającej się w pasie dolnym w środku ceownika C100 należy wywiercić otwory spustowe o średnicy ϕ 16 mm. Otwory te powinny być wywiercone zarówno w istniejącym pasie dolnym jak i w elemencie wzmacniającym. Brzegi otworów należy wygładzić z powstałych zadziorów. Należy wykonać min. 5 otworów spustowych rozmieszczonych równomiernie na długości 12 m.

6.3. Wzmocnienie blach podporowych podtrzymujące rygle stropowe w osiach od b do h mm między osiami 1' – 2'

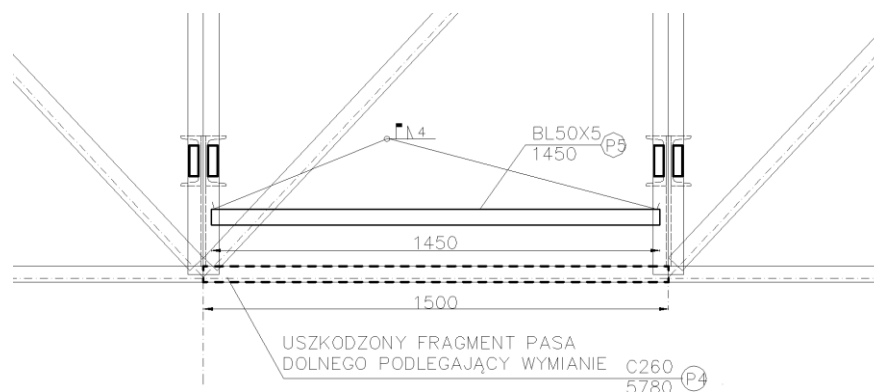
Blachy podporowe o wymiarach 380x300x15 podtrzymujące rygle stropowe należy wzmocnić przez przyspawania obustronnych przykładek z kątownika nierównoramiennego L50x30x5 o długości 100 mm ze stali S235 J2 przy użyciu spoin pachwinowych o grubości 4 mm (Fot. 6-3). Ramię dłuższe kątownika powinno być przyspawane do środka belki stropowej z C160, natomiast ramię krótsze do półki słupka dźwigara kratowego z C100 (rys. 6-6). W miejscach wykonywania spoin należy oczyścić powierzchnie elementów z powłoki lakierniczej.

6.4. Wymiana uszkodzonych fragmentów pasów dolnych między osiami e i f

W miejscach uszkodzeń istniejących prętów pasów dolnych obu kratownic bocznych 12 m tj. w przedziałach od osi e do osi f (rys. 6-4) należy dokonać wymiany uszkodzonych fragmentów pasów dolnych przed całościowym wzmocnieniem rygli kratowych w sposób opisany poniżej (Fot. 6-4 i Fot. 6-5):

1. W przedziale kratownicy do słupków w osiach e i f należy przyspawać powyżej uszkodzonych fragmentów pasa dolnego do słupków kratownicy obustronnie płaskowniki z bl. 50x5 mm ze stali S235J2 o długości około 1450 mm (wymiar dopasować na montażu) przy użyciu spoin pachwinowych o gr. 4 mm.
2. Następnie po wzmocnieniu uszkodzonych przedziałów kratownic bocznych przyspawanymi płaskownikami należy usunąć (wyciąć) uszkodzone części pasa dolnego wykonanego z ceownika C100 na długości od osi węzła e do osi węzła f.
3. Z kolei po wycięciu uszkodzonych fragmentów pasa dolnego należy zastąpić je nowymi elementami z ceownika C100 ze stali S235J2 o długości około 1500 mm wspawanymi między pozostałe części pasa przy użyciu spoin czołowych (wymiar dopasować na montażu) (rys. 6-4).
4. Po zastąpieniu uszkodzonych fragmentów pasów dolnych kratownic bocznych 12 m należy dokonać całościowego wzmocnienia pasa dolnego.

W miejscach wykonywania spoin należy oczyścić powierzchnie elementów z powłoki lakierniczej.

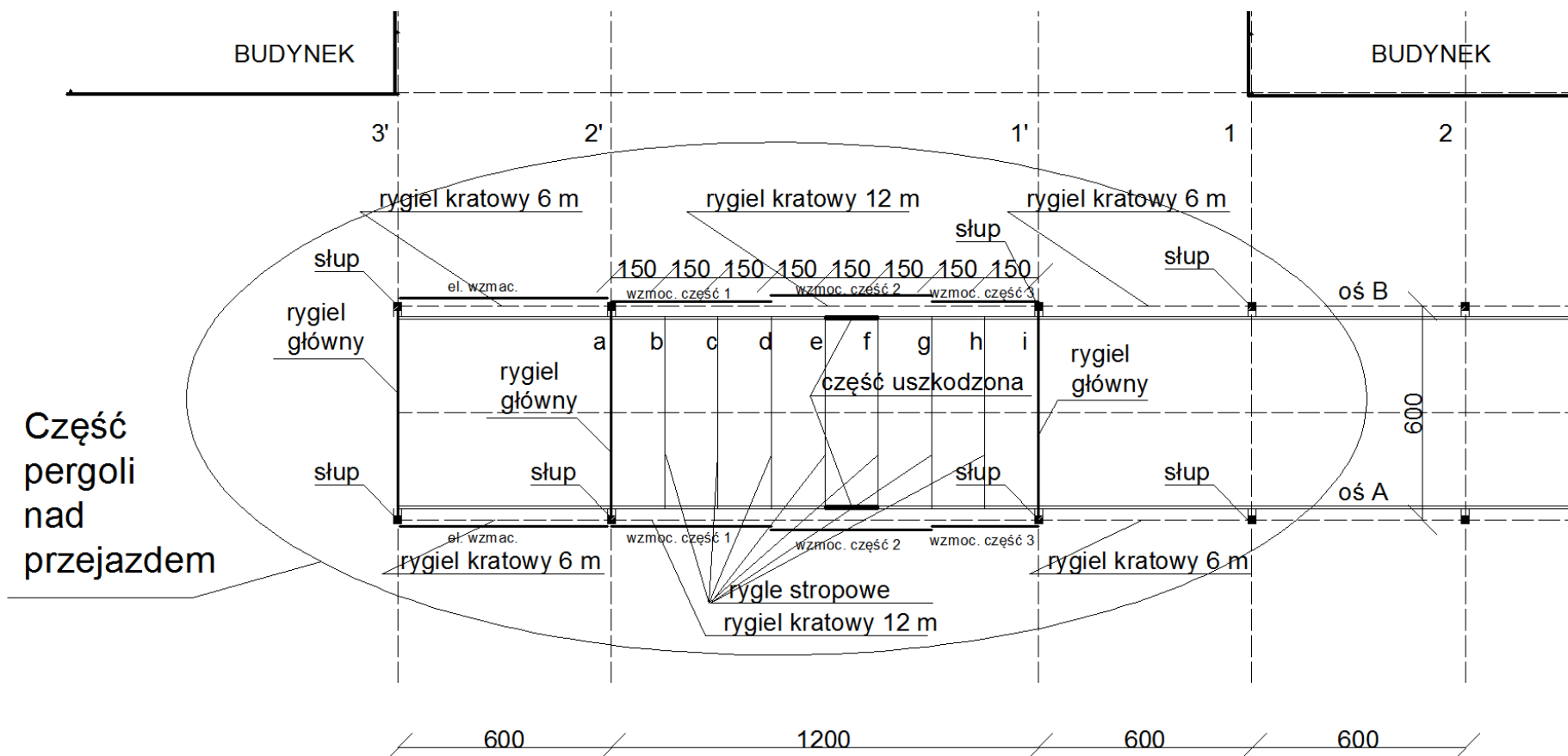


Rys. 6-4 Wymiana uszkodzonych fragmentów pasa dolnego w przedziale między osiami e i f

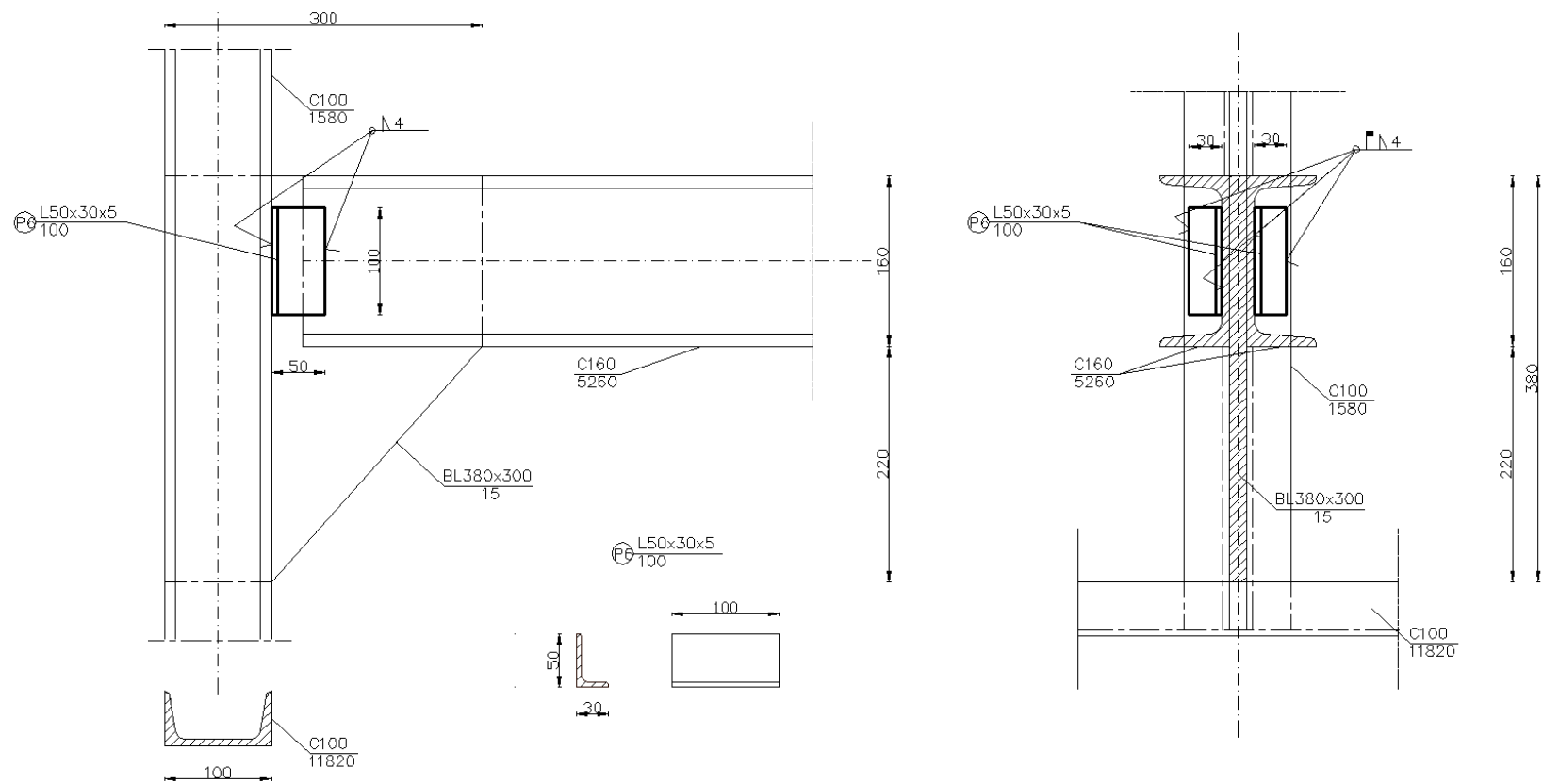
6.5. Dodatkowe podparcie płyt stropowych w osi f

W miejscu znacznych uszkodzeń stref podporowych płyt stropowych w osi f należy wykonać dodatkowe podparcie płyt stropowych przy zastosowaniu elementu wykonanego z kątownika L80x8 mm o długości 5340 mm ze stali S235J2 przyspawanego obustronnie do słupków kratownic bocznych 12 m w osi f. Kątownik ten należy dodatkowo podeprzeć na długości w odstępach co 1,0 m dodatkowymi płaskownikami z bl. 20x5 mm o długości około

200 mm (wymiar dopasować na montażu) ze stali S235J2, przyspawanymi z jednej strony do półki górnej kątownika L80x9 mm a z drugiej strony do stopki dolnej rygla stropowego z C160 (Fot. 6-6).



Rys. 6-5 Wzmocnienie pasów dolnych rygli kratowych bocznych



Rys. 6-6 Wzmocnienie blach podporowych



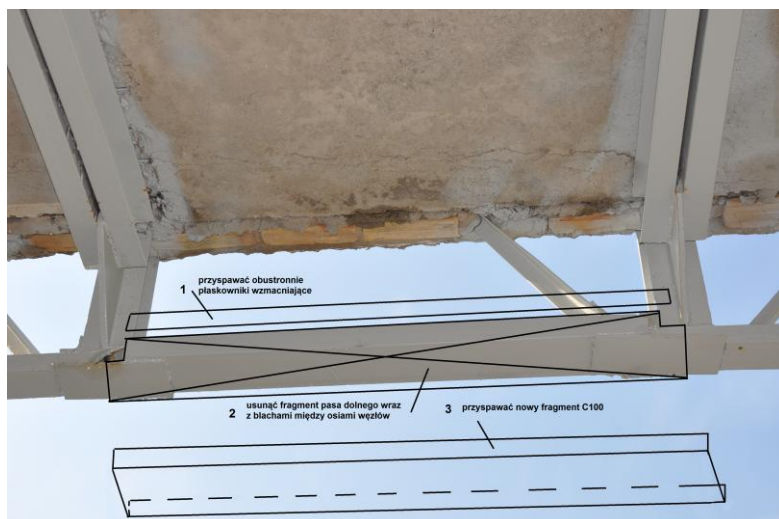
Fot. 6-1 Zamocowanie dodatkowego pasa wzmacniającego z C50 między osiami 2' i 3'



Fot. 6-2 Zamocowanie dodatkowego pasa wzmacniającego z C100 między osiami 1' i 2'



Fot. 6-3 Usytuowanie nakładki wzmacniającej blachy podporowe w osiach od a do i



Fot. 6-4 Sposób wymiany uszkodzonego fragmentu pasa dolnego rygla kratowego w osi A



Fot. 6-5 Sposób wymiany uszkodzonego fragmentu pasa dolnego rygla kratowego w osi B



Fot. 6-6 Dodatkowe podparcie płyt stropowych w osi f

7. OCENA STANU TECHNICZNEGO PŁYT STROPOWYCH

7.1. Informacje ogólne

Ogólny stan techniczny żelbetowych płyt stropowych ogólnie jest dostateczny. Miejscowo wskutek zawilgocenia oraz złej jakości wmontowanych prefabrykatów stwierdzono występowanie znacznych uszkodzeń elementów konstrukcyjnych w postaci korozji betonu oraz korozji prętów zbrojenia głównego i pomocniczego (Fot. 7-1). Na podstawie oględzin, kruszenia się i odspajania betonu w trakcie wykonywanych odkrywek, pomiarów i analiz oceniono, że w przypadku płyt stropowych w osi f istnieje znaczna degradacja właściwości wytrzymałościowych betonu, beton przy ostukiwaniu wydaje głuchy niemetaliczny dźwięk i ulega odspojeniu. Stwierdzono obniżenie odczynu pH powierzchniowych warstw betonu oraz wysoką nasiąkliwość, niską mrozoodporność i szczelność betonu, co wpływa w dalszym ciągu na pogorszenie jego właściwości wytrzymałościowych. Zaobserwowano niewłaściwe zagęszczenie betonu i występowanie raków.

Ocenę jakości zbrojenia w elementach przeprowadzono na podstawie wykonywanych odkrywek. W odkrywkach i miejscach uszkodzeń otuliny betonowej stwierdzono, że w płytach stropowych pełnych o rozpiętości 1,5 m znajdujących się nad przejazdem jako zbrojenie główne zastosowano siatkę z prętów ϕ 10 mm. W miejscach odsłoniętych fragmentów zbrojenia występuję korozja powierzchniowa, natomiast w wypadku płyt stropowych w osi f korozja wgłębna prętów zbrojeniowych charakteryzująca się znaczną redukcją przekroju prętów sięgającą 60%.

Biorąc pod uwagę powyższe uwagi stwierdza się, że ogólny stan płyt stropowych kanałowych o rozpiętości 6,0 m znajdujących się między osiami 2' oraz 3' można uznać za dostateczny. Natomiast w przypadku płyt stropowych pełnych o rozpiętości 1,5 m znajdujących się w przęśle między osiami 1' oraz 2', zwłaszcza w miejscu oparcia płyt na podciągu stropowym w osi f stan techniczny płyty należy uważać za zły, mogący spowodować awarię całej konstrukcji. W tym miejscu należy zastosować dodatkowe podparcie płyt stropowych.

Również zauważono brak wieńca żelbetowego w przestrzeniach między płytami kanałowymi 6 m a ścianami bocznymi w przęśle między osiami 2' i 3'. Przestrzenie te zasypano gruzem i odpadami budowlanymi a następnie podszalowano deskami a z góry

dano wylewkę betonową i pokryta asfaltem (Fot. 7-3). Jest to niewłaściwe postępowanie ze względu na niedostateczną nośność i szczelność tych obszarów płyty stropowej.

7.2. Naprawa uszkodzonych elementów żelbetowych

Z uwagi na zły stan techniczny wymienionych elementów konstrukcji żelbetowej wymagane jest przeprowadzenie kompleksowej naprawy wszystkich ubytków w płytach stropowych. W tym przypadku konieczne jest wzmocnienie betonu w elementach konstrukcyjnych, oraz trwałe zabezpieczenie zbrojenia przed wpływami otoczenia.

Niezbędne czynności naprawcze:

A. Prace wstępne

1. Należy usunąć popękana i częściowo odspojoną, głuchą przy opukiwaniu młotkiem otulinę betonową na powierzchniach zewnętrznych płyt stropowych.
2. Skuć i usunąć wszystkie luźne fragmenty betonu.
3. Oczyszczyć pręty zbrojenia głównego oraz strzemiona z produktów korozji przy zastosowaniu piaskowania lub szczotek drucianych.
4. Usunąć ze wszystkich dostępnych betonowych powierzchni produkty korozji (wykwity, nacieki węgla wapnia) przy zastosowaniu piaskowania lub szczotek drucianych.
5. Osuszyć wilgotne powierzchnie elementów budynku przy zastosowaniu nagrzewnic.

B. Wzmocnienie konstrukcji

1. Naprawić skorodowane zbrojenie poprzez nawiercenie otworów i wklejenie w otwory prętów ϕ 10 mm za pomocą żywicy.
2. Naprawić niewielkie ubytki betonu przy zastosowaniu szpachli żywicznych lub zapraw, nakładanych po wcześniejszym pokryciu zabezpieczanej powierzchni środkiem gruntującym. Zwrócić uwagę na właściwe dozowanie poszczególnych składników, terminy ważności oraz warunki w miejscu aplikacji.
3. Naprawić większe ubytki betonu metodą iniekcji (natrysku) zaprawy cementowej z wypełnieniem większych przestrzeni kruszywem bazaltowym.

4. Naprawić pęknięcia i zarysowania w płytach metodą iniekcji żywic epoksydowych, po starannym usunięciu wszystkich luźnych fragmentów betonu oraz oczyszczeniu dostępnych powierzchni sprężonym powietrzem, osuszeniu i uszczelnieniu kitem epoksydowym.
5. Przestrzenie między płytami kanałowymi 6 m a ścianami bocznymi oczyścić z luznego gruzu i odpadów budowlanych a następnie wypełnić zaprawą cementową metodą wielokrotnego natrysku z użyciem siatek metalowych lub inną odpowiednią do tego celu metodą.
6. Zabezpieczyć wzmacniane i naprawiane obszary przed wpływem zawilgoceń.

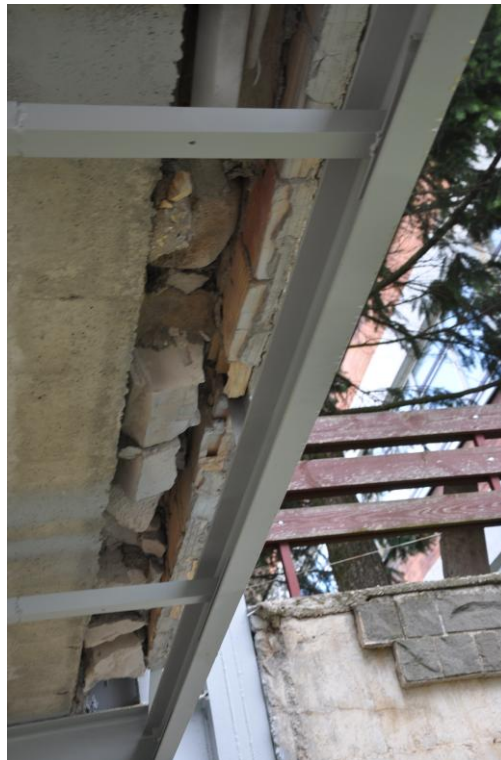
Prace naprawcze należy powierzyć również firmom posiadającym udokumentowane duże doświadczenie w tego rodzaju robotach i pod wzmocnionym nadzorem ze strony Inwestora.



Fot. 7-1 Korozja betonu oraz zbrojenia w strefie oparcia płyt stropowych w osi f



Fot. 7-2 Uszkodzenia płyt stropowych i korozja prętów zbrojeniowych



Fot. 7-3 Wypełnienie przestrzeni między płytami a ścianą boczną gruzem i odpadami budowlanymi

8. OCENA STANU TECHNICZNEGO KONSTRUKCJI SCHODÓW

W analizowanej części obiektu znajduje się jedna klatka schodowa. Spoczniki są żelbetowe monolityczne natomiast stopnie są elementami prefabrykowanymi. Na biegach i spocznikach nie stwierdzono znacznych pęknięć lub zarysowań mogących świadczyć o złym stanie konstrukcji nośnej. Biegi i spoczniki klatki schodowej są obłożone okładziną tynkową. W niektórych miejscach wykładzina jest zużyta, w złym stanie technicznym, należy ją wymienić. (Fot. 8-1).

Konstrukcja stalowa nośna schodów składająca się z rygli i słupów jest w stanie dobrym. Konstrukcja wymaga odnowienia powłoki antykorozyjnej (Fot. 8-2).

Długotrwała eksploatacja schodów oraz brak przeprowadzania bieżących napraw doprowadziły do powstania drobnych uszkodzeń, co objawia się lokalnymi ubytkami, zarysowaniami oraz odpryskami w biegach schodowych i spocznikach. Zauważone usterki stopni, biegów i płyt spocznikowych należy naprawić.

Stan techniczny klatki schodowej oceniono, jako dostateczny.



Fot. 8-1 Uszkodzenia okładziny tynkowej



Fot. 8-2 Skorodowane elementy stalowe schodów

9. WNIOSKI I ZALECENIA

9.1. Zakres przeprowadzonych badań

W ramach pracy dokonano sprawdzenia nośności konstrukcji stalowej części ciągu pieszego nad przejazdem oraz zaproponowano niezbędne wzmocnienia konstrukcji.

W pierwszej fazie prac dokonano inwentaryzacji elementów składowych konstrukcji stalowej, określono ich wymiary oraz rozstawy elementów a także przekroje głównych elementów konstrukcji oraz ich połączenia. Zinwentaryzowano uszkodzenia konstrukcji stalowej oraz uszkodzenia płyt stropowych. Zbadano stopień zniszczenia korozyjnego poszczególnych elementów konstrukcji nośnej.

Następnie dokonano zebrania obciążeń według norm przedmiotowych i w oparciu o inwentaryzację stworzono model numeryczny konstrukcji nośnej, dokonano jego obciążenia wyznaczonymi wartościami obciążeń stałych i zmiennych, co pozwoliło na wyznaczenie sił wewnętrznych w poszczególnych elementach konstrukcji i sprawdzenie ich nośności.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń zaproponowano sposób naprawy konstrukcji poprzez wzmocnienie najbardziej uszkodzonych i wyjęzonych elementów konstrukcji nośnej oraz sposób naprawy uszkodzeń w elementach żelbetowych stropów i biegów schodowych.

9.2. Niezbędne wzmocnienia stalowej konstrukcji nośnej

A. Analizowana konstrukcja nośna pergoli wymaga wzmocnienia. Wzmocnienia wymagają:

- 1) pasy dolne rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C160 między osiami 2' – 3'.
- 2) pasy dolne rygla kratowego bocznego 12 m wykonane z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2'.
- 3) blachy podporowe podtrzymujące rygle stropowe o wymiarach 380x300x15 mm między osiami 1' – 2',

Wzmocnienie konstrukcji należy przeprowadzić w sposób przedstawiony w pktcie 6.

Należy wzmocnić:

- Ad1. Pasy dolne rygla kratowego bocznego 6 m wykonanego z ceownika walcowanego C160 między osiami 2' – 3' należy wzmocnić przez przyspawanie na całej długości

dodatkowego elementu w postaci ceownika walcowanego C65 za pomocą spoin obustronnych przerywanych o długości 40 cm rozstawionych co 2,0 m.

Ad. 2 Pasy dolne rygla kratowego bocznego 12 m wykonane z ceownika walcowanego C100 między osiami 1' – 2' należy wzmocnić przez przyspawanie na całej długości dodatkowego elementu w postaci ceownika walcowanego C100 złożonego z 3 części, za pomocą spoin obustronnych przerywanych o długości 40 cm rozstawionych co 1,5 m.

Ad. 3 Blachy podporowe podtrzymujące rygle stropowe o wymiarach 380x300x15 mm między osiami 1' – 2' należy wzmocnić przez przyspawanie obustronnych przyłądek z odcinków kątownika CL50x30x5 mm o długości 100 mm między środkami rygli stropowych a półkami słupków bocznego rygla kratowego jak wskazano na rys. 6-6.

W miejscu wykonywania spoin należy oczyścić elementy stalowe z istniejących powłok malarskich.

B) Ponadto należy wymienić odcinki istniejących pasów dolnych bocznych rygli kratowych o długości 12 między osiami e i f na nowe elementy wykonane z C100. Przed wycięciem istniejących skorodowanych odcinków pasów należy wzmocnić rygiel kratowy w przedziałach między osiami e i f przez przyspawania dodatkowych obustronnych nakładek z płaskowników 50x5 mm. Opis szczegółowy zawarto w pktcie 6.4.

C). W osi f należy wzmocnić podparcie płyt stropowych poprzez przyspawanie obok istniejącego rygla stropowego od strony osi e dodatkowego elementu wykonanego z kątownika walcowanego L80x8 mm. Dodatkowy element należy przyspawać do słupków pionowych bocznych kratownic znajdujących się w osi f oraz podeprzeć na długości w odstępach co 1,0 m dodatkowymi płaskownikami z blachy bl. 20x5 mm o długości około 200 mm, przyspawanymi z jednej strony do półki górnej kątownika L80x8 mm a z drugiej strony do stopki dolnej rygla stropowego z C 160. Opis szczegółowy zawarto w pktcie 6.5.

9.3. Naprawa uszkodzonych płyt stropowych

Płyty stropowe będące w złym stanie technicznym wymagają naprawy. W miejscach znacznych uszkodzeń płyt stropowych, w których wstępuje korozja betonu i odsłonięcie prętów zbrojeniowych należy dokonać naprawy płyt w sposób przedstawiony w pktcie 7.2. Naprawy uszkodzeń płyt stropowych należy dokonać przed wzmocnieniem stalowej konstrukcji nośnej. Po naprawie należy płyty stropowe zabezpieczyć przed niekorzystnymi wpływami otoczenia (zawilgoceniem, zasoleniem, brudem).

9.4. Wypełnienie przestrzeni między płytami kanałowymi 6 m a ścianami bocznymi

Obszary znajdujące się między płytami kanałowymi 6 m a ścianami bocznymi w przęśle między osiami 2' i 3', w których obecnie znajdują się luźno związane z podłożem gruz i odpady budowlane należy oczyścić i wypełnić zaprawą cementową pod ciśnieniem z użyciem siatek metalowych.

9.5. Naprawa elementów klatki schodowej

Istniejące uszkodzenia okładziny tynkowej klatki schodowej należy naprawić a stalową konstrukcję nośną klatki schodowej należy zabezpieczyć powłoką antykorozyjną przed wpływami otoczenia. Zauważone drobne ubytki, rysy, odpryski naprawić szpachlami lub zaprawą cementową.

9.6. Wnioski końcowe

Istniejąca konstrukcja nośna ciągu pieszego znajduje się w stanie awaryjnym, stanowiącym zagrożenie dla użytkowników. W celu dalszego jej użytkowania należy wykonać niezbędne naprawy i wzmocnienia wskazane w niniejszej ekspertyzie. Wszelkie prace naprawcze powinny być wykonane przez jednostki legitymujące się odpowiednimi kwalifikacjami.

Wszystkie wykorzystane do naprawy konstrukcji materiały i urządzenia muszą posiadać świadectwa, jakości lub certyfikat wyrobu.

Użytkownik jest zobowiązany do przeprowadzenia przeglądów okresowych konstrukcji nośnej ciągu pieszego, co najmniej raz w roku i niezwłocznej naprawy wszelkich stwierdzonych uszkodzeń i usterek.