

EKSPERTYZA TECHNICZNA

**OKREŚLAJĄCA ODPORNOŚĆ POŻAROWĄ ELEMENTÓW
KONSTRUKCYJNYCH KOMPLEKSU BUDYNKÓW AKADEMII KULTURY
FIZYCZNEJ IM. BRONISŁAWA CZECHA W KRAKOWIE
AL. JANA PAWŁA II 78, 31-571 KRAKÓW**

BUDYNEK GŁÓWNY W OSIACH C`-L`

Opracował:
mgr inż. Daniel Guzierowicz
Nr upr. MAP/0267/POOK/08

Kraków, kwiecień 2026r

SPIS TREŚCI

Spis treści.....	2
1.1. Podstawa opracowania	3
1.2. Cel i zakres opracowania	3
1.3. Opis konstrukcji budynku (budynek główny w osiach C`-L`)	3
1.3.1. Elementy prefabrykowane	5
1.3.1.1. Płyty dachowe korytkowe	5
1.3.1.2. Płyty stropowe kanałowe	5
1.3.1.3. Bloki ścienne kanałowe	6
2. KANAŁ TECHNOLOGICZNY	8
2.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM	8
2.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH	9
2.2. PARTER NISKI	10
2.2.1. STROP NAD PARTEREM NISKIM	10
2.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PARTERU NISKIEGO	11
2.3. PARTER WYSOKI	19
2.3.1. STROP NAD PARTEREM WYSOKIM	19
2.3.1. STROPODACH NAD PARTEREM WYSOKIM	20
2.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PARTERU WYSOKIEGO	20
2.4. KONDYGNACJE POWTARZALNE	26
2.4.1. STROPY	26
2.4.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI KONDYGNACJI POWTARZALNYCH	27
2.4.1. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KONDYGNACJI POWTARZALNYCH	28
2.5. STROPODACH	36

1.1. Podstawa opracowania

- Inwentaryzacja architektoniczna kompleksu budynków naukowo-dydaktycznych Akademii Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie opracowania przez „Tektonika Architekti”
- Archiwalna dokumentacja budowlana „Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego – Kraków” opracowana przez Miastoprojekt – Kraków, styczeń 1973r. – Pawilon pomieszczeń ogólnych Ia
- Instrukcja ITB 409/2005 Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową
- W. Starosolski „Wybrane zagadnienia projektowania konstrukcji żelbetowych ze względu na odporność ogniową”
- Woźniak G., Turkowski P., Projektowanie konstrukcji z betonu z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 2, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- PN-EN 15037-1 Belkowo-pustakowe systemy stropowe
- PN-EN 1168 Stropy z prefabrykowanych płyt kanałowych
- PN-EN 1991-1-2: 2006. Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- PN-EN 1992-1-2: 2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- Wizja lokalna na terenie przedmiotowej inwestycji,
- Oględziny makroskopowe istniejących elementów konstrukcyjnych,
- Branżowe normy obciążeniowe i projektowe.
- Literatura techniczna związana z niniejszym opracowaniem.

1.2. Cel i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie stanowi ocenę odporności pożarowej elementów budynku głównego w osiach C`-L` zlokalizowanych na terenie kompleksu naukowo–dydaktycznego Akademii Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie. Celem opracowania jest uzyskanie wymaganego przepisami stanu ochrony przeciwpożarowej z uwzględnieniem okoliczności, że mamy do czynienia z budynkiem istniejącym, którego powstanie datuje się na lata 70-te ubiegłego wieku.

1.3. Opis konstrukcji budynku (budynek główny w osiach C`-L`)

Obiekt usytuowany jest w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78. Budynek znajduje się na dz. nr 7/27 obr. 52 Nowa Huta. Przedmiotowa działka ograniczona jest od strony północnej - al. Jana Pawła II, wschodniej - ul. Nowohucką, od strony południowo-zachodniej – terenami rekreacyjno - parkowymi. Teren działki jest ogrodzony. Główne wejście na działkę znajduje się od północnej strony całego kompleksu.

Istniejąca części kampusu - budynek główny, usytuowany jest od strony północnej kompleksu i połączony bezpośrednio z pawilonami w osiach A-B` oraz budynkiem auli. Zakres opracowania przedstawiono w części rysunkowej oraz poniższej grafice.



Fot.1 Usytuowanie budynku głównego w osiach C'-L' (źródło . Google maps)

Pawilon posiadają jedną kondygnację podziemną – kanały technologiczne, kondygnację przyziemia (tzw. „niski parter”) – częściowo zagłębioną w gruncie, oraz pięć kondygnacji nadziemnych użytkowych. Obecnie obiekty pełnią funkcje rektoratu Akademii Kultury Fizycznej wraz z częścią administracyjną.

Część budynku objęta niniejszym opracowaniem oznaczono w dokumentacji archiwalnej jako obiekt „Ia”. Budynek wykonano w konstrukcji żelbetowej prefabrykowanej mieszanej, ramowo - ścianowej z wtrąceniami z elementów monolitycznych.

Fundamenty żelbetowe: stopy pod słupami ram oraz ławy pod ścianami.

W części podziemnej, konstrukcję nośną budynku stanowią ściany żelbetowe i betonowe monolityczne. W części nadziemnej główną konstrukcję nośną stanowi układ ram żelbetowych monolitycznych złożonych ze słupów i rygli oraz lokalnie w rejonie klatek schodowych i hallu, ścian murowanych i żelbetowych. Na poziomach kondygnacjach powtarzanych, na ramach żelbetowych parteru ustawiono prefabrykowane ściany żelbetowe.

Stropy nad kanałami technologicznymi z żelbetowych płyt prefabrykowanych typu P/CO grubości 6cm wspartych na stalowych belkach C140. Stropy nad parterem niskim gęstożebrowe typu DZ-3 z żebrami wylewanymi na budowie 20x23cm

Komunikacje pionową zapewnia monolityczna klatka schodowa zlokalizowana w osiach C'-D' oraz J'-K'

Stropy nad parterem wysokim gęstożebrowe typu DZ-3 z żebrami wylewanymi na budowie 20x23cm. Stropodach nad częścią w osiach 1-2 wykonany jako pełny typu DZ-3 z belek prefabrykowanych wsparty na ryglach stalowych złożonych z dwóch dwuteowników normalnych IN400.

Stropy kondygnacji pośrednich z płyt kanałowych typu „Żerań” grubości 24cm.

Na kondygnacjach powtarzalnych układ konstrukcyjny poprzeczny ze ścian prefabrykowanych

Stropodach nad częścią wysoką wentylowany z płyt kanałowych typu „Żerań” grubości 24cm wraz z przekryciem z płyt korytkowych DK na ściankach ażurowych.

1.3.1. Elementy prefabrykowane

Elementy prefabrykowane użyte do budowy obiektu opisane są w Katalogach Elementów Wielkopłytowych dla typowych budynków szkolnych. Szczegółowe specyfikacje można odnaleźć w Katalogach budownictwa KB1-31. – elementy konstrukcji budynków opracowanych przez Centralny Ośrodek Badawczo – Projektowy Budownictwa Ogólnego.

1.3.1.1. Płyty dachowe korytkowe

Płyty dachowe korytkowe stosowane są w budownictwie ogólnym w budynkach realizowanych metodami tradycyjnymi i uprzemysłowionymi, przy rozpiętości podpór w osiach do 300 cm . Płyty korytkowe produkowane są w dwóch wersjach:

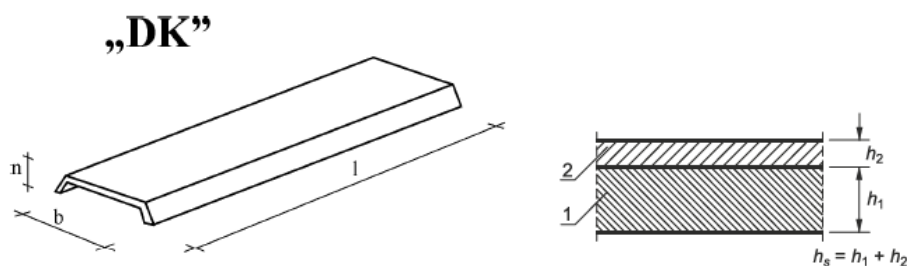
płyty korytkowe otwarte – „DK”

płyty korytkowe – „DKZ”.

Produkują się je z betonu klasy B–15 zbrojonego stalą St0, St3SX i 34GS. W fazie eksploatacyjnej płyty liczone są na obciążenie 200 daN/m² poza ciężarem własnym. Minimalna długość oparcia płyt na podporze – 4 cm /pł. zamknięte/ i 5,5 cm /pł. otwarte/.

Nr w Katalogu Budownictwa : KB1 – 31.6.3/6/ , KB1 – 31.6.3/14/ .

Grubość płyciny 30mm, po uwzględnieniu szlichty cementowej grubości 35mm łączna grubość elementu ze względu na szczelności i izolacyjność ogniową - 65mm. Grubość żebra 40mm, przy uwzględnieniu występowania żeber podwójnych łączna grubość 80mm.



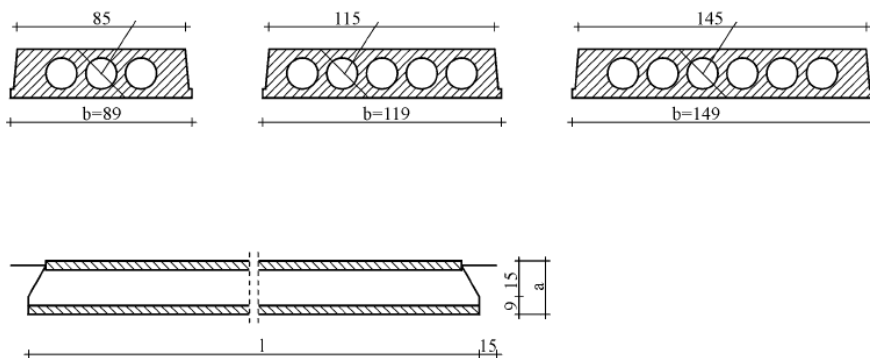
Dachowa płyt korytkowa

Z tablic „Instrukcja ITB 409/2005” oraz katalogu KB1 – 31.6.3/6/ , KB1 – 31.6.3/14/ odczytano klasę odporności ogniowej elementu **REI30**.

1.3.1.2. Płyty stropowe kanałowe

W budynku zastosowano płyty stropowe żelbetowe z kanałami o przekroju kałowym $\varnothing 17,8$ cm. Płyty stosowane były w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym, w budynkach ze ścianami murowanymi, monolitycznymi i montowanymi z elementów prefabrykowanych. Płyty dostosowane są do przenoszenia zunifikowanych obciążeń zewnętrznych : wariant I – 3,75kN/m², wariant 4,50kN/m². W pawilonach zastosowano płyty typu I. Produkują się je z betonu klasy B–20. Zbrojenie wykonuje się z siatek zgrzewanych ze stali 34GS /pręty konstrukcyjne/ i St0 /pręty rozdzielcze/ .

Nr w Katalogu Budownictwa : KB1–31.5.1./8/-69 .



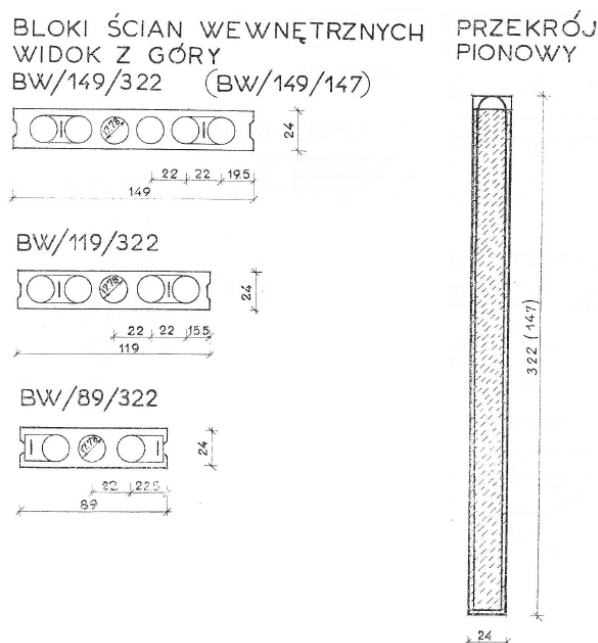
Płyty kanałowe zabudowane na obiekcie

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.5.1./8/-69 odczytano klasę odporności ogniowej elementu 1 godz. - **REI60**.

1.3.1.3. Bloki ścienne kanałowe

Bloki kanałowe „BW” (tzw. „cegła żerańska”) przeznaczone są dla wznoszenia ścian wewnętrznych – nośnych w wieloblokowych budynkach szkolnych wznoszonych na terenie całego kraju z wyjątkiem terenów szkód górniczych. Produkuje się prefabrykaty o pełnej wysokości, połówkowe oraz o zwiększonym przekroju (symb. „BW”) . Bloki wykonuje się z betonu zbrojonego klasy B–20.

Nr w Katalogu Budownictwa: KB1–31.3.1/8/-72 .



Bloki ścienne kanałowe typu BW zabudowane na obiekcie

Dla oceny odporności pożarowej elementów wyznaczono grubość zastępczą ściany po potrąceniu otworów – szacunki przeprowadzono dla bloku o szerokości 90cm:

Rozstaw osiowy bloków:	90cm
Grubość elementu:	24cm
Średnica kanałów:	17,8cm
Ilość kanałów:	3szt.
Pole przekroju poprzecznego	$90 \times 24 = 2160 \text{ cm}^2$
Pole przekroju kanału:	$248,7 \text{ cm}^2$

Pole przekroju 3 kanałów: $746,2\text{cm}^2$
 Pole powierzchni po potrąceniu kanałów: 1414cm^2
 Grubość zastępcza: $1414/90=15,7\text{cm}$ (~16cm)

Tablica 3. Minimalne wymiary ścian nośnych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	Grubość ściany / odległość środka ciężkości zbrojenia			
	$\alpha = 0,5$		$\alpha = 1,0$	
	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron
1	2	3	4	5
REI 30	100/10	120/10	120/10	120/10
REI 60	110/10	120/10	130/10	140/10
REI 90	120/20	140/10	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

Ściana grubości 16cm nagrzewana obustronnie przy współczynniku redukcyjnym obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej: $\mu_{fi}=0,50$ spełnia wymagania klasy odporności ogniowej REI120. Dodatkowo przeprowadzono analizę bloków wielkopłytowych jak dla ścian z bloków i pustaków betonowych.

Określenie grupy elementów murowych:

Objętość otworów $746,2/2160 = 35\%$ ($25\% < 35\% < 55\%$) – grupa II

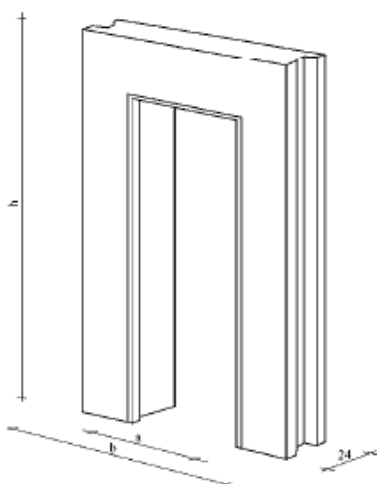
Tablica 14. Minimalna grubość ścian nośnych z bloków i pustaków betonowych (beton zwykły i lekki) z uwagi na wymagania w klasie REI

	Minimalna grubość ściany [mm] dla uzyskania klasyfikacji ogniowej					
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
Grupa 1						
$\alpha = 1,0$	120	150	170	200	240	300
$\alpha = 0,6$	100	120	150	180	200	250
Grupa 2						
$\alpha = 1,0$	150	170	200	240	300	–
$\alpha = 0,6$	120	140	170	200	300	–

Przy współczynniku redukcyjnym obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej: $\mu_{fi}=0,50$ spełnia wymagania klasy odporności ogniowej **REI120**.

Bloki drzewiaste „BD” stanowią uzupełnienie dla bloków ściennych kanałowych stosowanych do wznoszenia budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Produkuje się elementy dostosowane wymiarowo do ościeżnicy drewnianej lub metalowej montowanej w toku produkcji. Jej usytuowanie może być symetryczne lub zlicowane z jedną z płaszczyzn elementu. Bloki wykonuje się z betonu zbrojonego klasy B-20.

Nr w Katalogu Budownictwa: KB1-31.3.1/13/-72, KB1-31.3.1/9/-72.



Bloki ścienne pełne typu BD zabudowane na obiekcie

Bloki drzwiowe ścienne typu „BD” spełniają wymagania klasy odporności ogniowej **REI120**.

2. KANAŁ TECHNOLOGICZNY

2.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM

Strop nad kanałami technologicznymi wykonany został z prefabrykowanych płyt P/CO/90-130cm grubości 6cm. Lokalnie wykonano płytę żelbetową monolityczną grubości 8cm.

Płyty P/CO/90-130 wspierają się na monolitycznych ścianach kanału technologicznego oraz na belkach stalowych z ceownika C140.

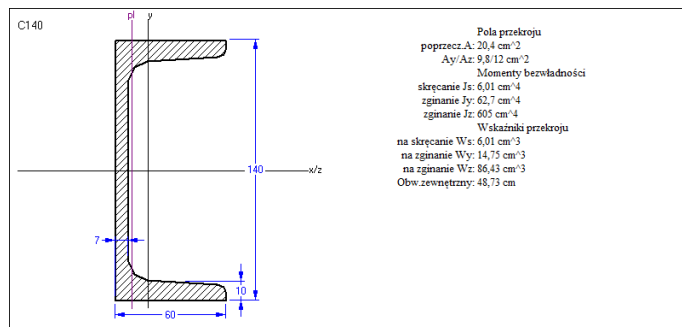
Z tablic odczytano klasę odporności ogniowej płyty P/CO grubości 6cm - **REI30**.

Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
1	2	3	$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Dla fragmentu stropu żelbetowego grubości 8cm klasa odporność ogniowej - **REI60**.

Wyznaczenie klasy odporności ogniowej, belki stalowej C140 stropu nad kanałami technologicznymi:
Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi}=0,50$



Wartość temperatury krytycznej :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \Theta_{a,kr} := 39,19 \ln \left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right) + 482 \quad \Theta_{a,kr} = 584,7$$

Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju – belka nagrzewana z trzech stron:

$$A_m := 48,7 \text{ cm} - 6 \text{ cm} = 42,7 \cdot \text{cm}$$

$$V_c := 20,4 \text{ cm}^2 = 2040 \cdot \text{mm}^2$$

$$\frac{A_m}{V_c} = \frac{42,7 \text{ cm}}{20,4 \text{ cm}^2} \quad \frac{A_m}{V_c} = 209,3 \frac{1}{\text{m}}$$

Wyznaczenie czasu ekspozycji dla uzyskania przez element stalowy temperatury krytycznej:

$$t := 0,54 \cdot (\Theta_a - 50) \cdot (209,3)^{-0,6} \quad t = 11,7$$

$$\Theta_{a1} := 50 + \frac{t_1}{0,54 (209,3)^{-0,6}} \quad \Theta_{a1} = 584,9$$

Na podstawie przyjętych założeń klasa odporności pożarowej belek stalowych wynosi ~12min.

- Strop z płyty P/CO	REI30
- Strop żelbetowy monolityczny gr.8cm	REI30
- Belki stalowe stropu	R12

2.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH

Przegrody zewnętrzne oraz wewnętrzne w części podziemnej wykonano jako żelbetowe i betonowe monolityczne.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych piwnicy wynosi:

Tablica 3. Minimalne wymiary ścian nośnych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm] Grubość ściany / odległość środka ciężkości zbrojenia			
	$\alpha = 0,5$		$\alpha = 1,0$	
	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron
1	2	3	4	5
REI 30	100/10	120/10	120/10	120/10
REI 60	110/10	120/10	130/10	140/10
REI 90	120/20	140/10	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

Podane powyżej minimalne grubości ścian odnoszą się również do ścian betonowych. Wobec czego określono klasę odporności ogniowej ścian nośnym przyziemia REI120.

- Ściany monolityczne **min.REI120**

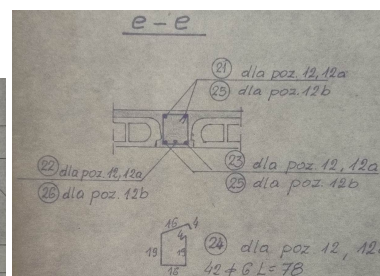
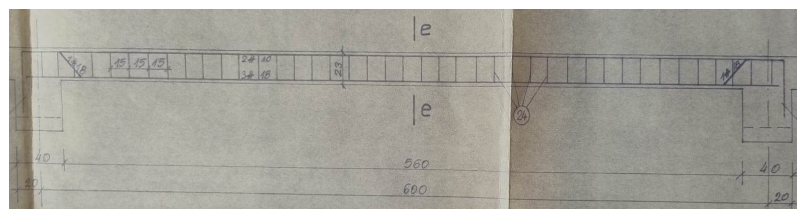
2.2. PARTER NISKI

2.2.1. STROP NAD PARTEREM NISKIM

Strop DZ-3 W osiach C'-J'

Strop nad parterem w osiach C'-J' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3. Modyfikacja polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 20x23cm

W stropie zastosowano zbrojenie jak na poniższym szkicu:



Fot.2,3 Żebra stropu DZ-3(20x23cm) stropu nad parterem niskim

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 20\text{mm} + 9\text{mm} \sim 30\text{mm}$. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

Z warunku szczelności: grubości ścianki pustaka 20mm, grubość nadbetonu stropu 30mm + grubość posadzki betonowej 35mm: łącznie 85mm → wymagana dla EI60 : 80mm, uwzględniając odporność pożarową żeber, klasa odporności pożarowej stropu DZ-3 na żebrach monolitycznych wynosi min. REI60

- Strop DZ-3 (osie C'-J') **min. REI60**

Płyta żelbetowa w osiach J'-K'/2-3

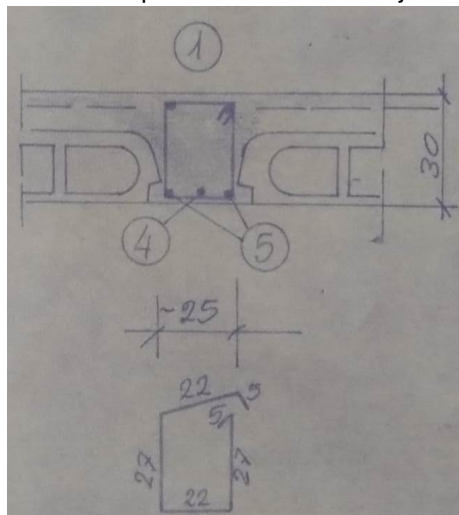
Strop nad parterem niskim w osiach J'-K'/2-3 przy szybie windowym wykonano jako monolityczną płytę żelbetową grubości 10cm. Dla płyty żelbetowych grubości 10cm krzyżowo zbrojonych, odczytana z tablic minimalna odporność pożarowa wynosi REI90.

- Strop monolityczny (osie J'-K'/2-3) **min. REI60**

Strop DZ-3 W osiach K'-L'

Strop nad parterem w osiach K'-L' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3 grubości 30cm (nadbeton 10cm). Dodatkowa modyfikacja polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 25x30cm

W stropie zastosowano zbrojenie jak na poniższym szkicu:



Fot.4 Żebra stropu DZ-3 (25x30) stropu nad parterem niskim

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego $\varnothing 18\text{mm}$ odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 15\text{mm} + 6\text{mm} = 21\text{mm}$. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

- Strop DZ-3 (osie K'-L') min. REI60

Odporność pożarowa stropów niskiego parteru wynosi:

- Strop DZ-3 (osie C'-J') min. REI60

- Strop monolityczny (osie J'-K'/2-3) min. REI90

- Strop DZ-3 (osie K'-L') min. REI60

2.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PARTERU NISKIEGO

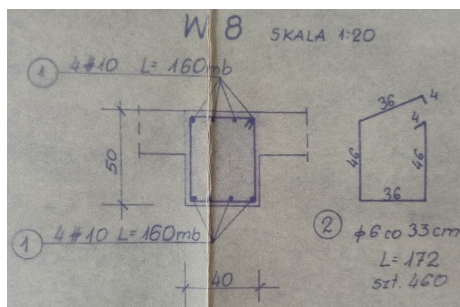
Ściany:

Ściany przydylatacyjne w osi C' oraz w rejonie klatki schodowej w osiach J'-L' wykonane jako murowane z cegły oraz pustaka typu Siporex. Minimalna odporność pożarowa ścian grubości 25cm÷38cm wynosi REI120.

Ściany zewnętrzne zagłębione w gruncie wykonano jako żelbetowe oraz betonowe których minimalna odporność pożarowa wynosi REI120.

Belki żelbetowe:

Belka żelbetowa 40x50



Fot.5 Belka żelbetowa 40x50 stropu nad parterem niskim

W osiach 1,2 oraz 3 wsparcie dla stropów gęstożebrowych stanowi belka/wieniec żelbetowy (poz.W8) o wymiarach 40x50cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku $0,3l_{eff}$ od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))^2$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 40x50 w układzie wieloprzęsłowym.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø10mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+5mm=25mm.

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

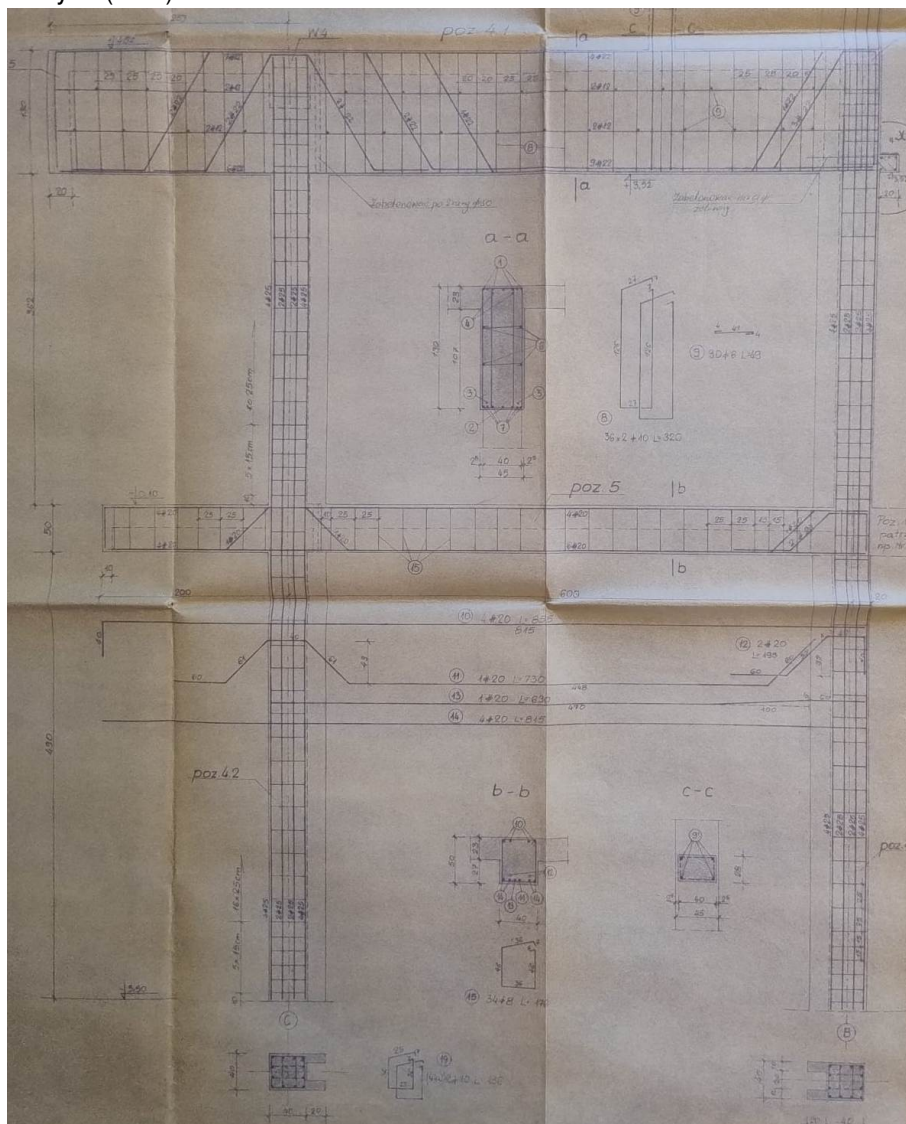
Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

¹ Instrukcja ITB 409/2005 Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową

Ramy żelbetowe :

W osiach C'-L' główny ustrój nośny stanowi układ poprzecznych wspornikowych ram żelbetowych (fot.6).



Fot.6 Rama I

Rygiel ramy żelbetowej 40x50

W poziomie stropu nad parterem niskim wsparcie dla stropów gęstożebrowych stanowi belka żelbetowa (poz.5) o wymiarach 40x50cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku $0,3l_{eff}$ od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

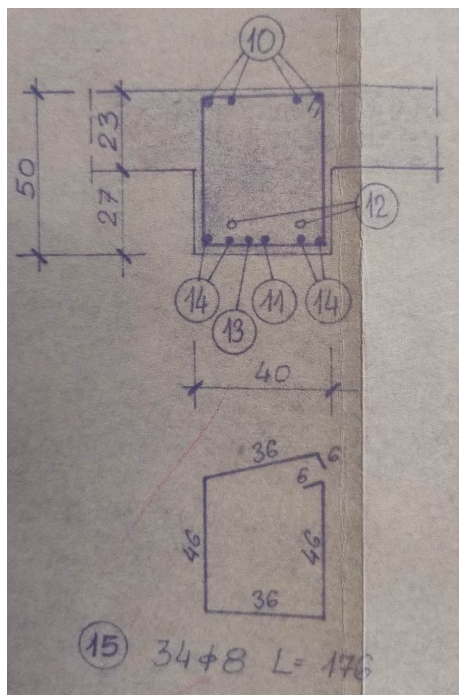
Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 40x50 w układzie wieloprzęsłowym.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego $\varnothing 20$ mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+10mm=30mm.



Fot.7 Belka żelbetowa 40x50 stropu nad parterem niskim

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Słup ramy żelbetowej 40x40(60)

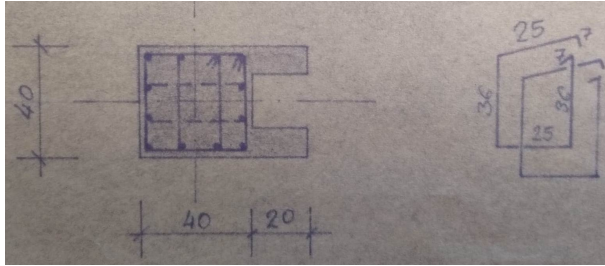
W poziomie przyziemia występują słupy o przekroju poprzecznym 40x40(60)cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu.;

Zbrojenie słupa 12Ø25mm → $A_s = 12 \times 4,91 \text{ cm}^2 = 58,88 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx60cm – 20cmx20cm → $A_c = 2000 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = 20 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}25 \text{ mm} = 32,5 \text{ mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$



Fot.8 Przekrój poprzeczny słupów ramy żelbetowej - parter niski 40x40(60)

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A (założenia):

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,9m$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,9 \text{ m} = 2,45m$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,

$l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 200 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 4000 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 400 \text{ MPa}$

$$\mu_{Ed,fi} = 0,5$$

$\Rightarrow$ współczynnik redukcyjny w sytuacji pożarowej

$$A_{s,red,fi} = 58,88 \text{ cm}^2 \quad f_{yd,fi} = \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$f_{yk,fi} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{cd,fi} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

$$f_{ck,fi} = 20 \text{ MPa}$$

$$l_{0,fi} = 4,9 \text{ m}$$

$$A_c = 2000 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{cc,fi} = 1,0$$

$$a = 32,5 \text{ mm}$$

$$l_{0,fi} = \max(0,5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2,45 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 500 \cdot \text{mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.717$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 37.527$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 4$$

$$R_{1,fi} := 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{m} \right) = 24.48$$

$$R_{b,fi} := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 45$$

$$R_n := 12 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0$$

$$R := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_{1,fi} + R_{b,fi} + R_n}{120} \right)^{1.8} = 125.467$$

Dla słupów ram żelbetowych w poziomie parteru niskiego odporność pożarową oznaczono na poziomie min. **R120**.

- **Klatki schodowe**

Schody zewnętrzne żelbetowe (poz. 22)

Od strony południowej kompleksu wykonano żelbetowe schody oddylatowane od budynku wsparte na układzie słupów i rygli żelbetowych. Bieg schodowy wykonano w formie płyty żelbetowej grubości 8cm wspartej na dwóch policzkach żelbetowych 15x50cm.

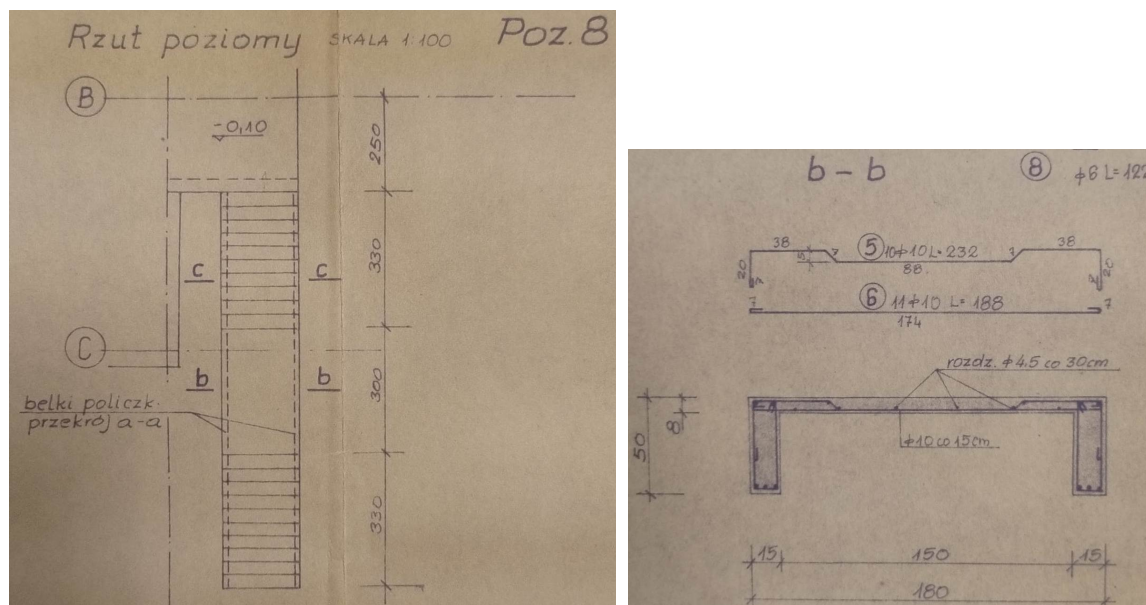
Z tablic odczytano minimalną odporność dla płyty grubości 8cm → REI60

Belki żelbetowe 15x50cm, odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 25mm+5mm = 30mm. → **R60**

Schody zewnętrzne żelbetowe na galerię (poz. 8)

Od strony wschodniej budynku, wykonano żelbetowe schody prowadzące na galerię wspornikową.

Bieg schodowy wykonano w formie płyty żelbetowej grubości 8cm wspartej na dwóch policzkach żelbetowych 15x50cm.



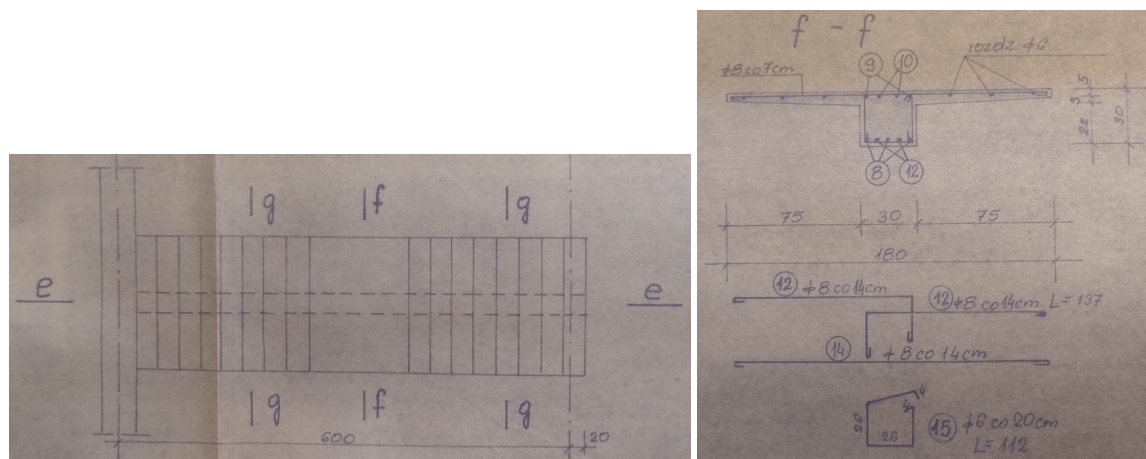
Fot.9,10 schody na galerię

Z tablic odczytano minimalną odporność dla płyty grubości 8cm → **REI60**

Belka żelbetowa 15x50cm, jednoprzęsłowa swobodnie podparta, odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 25mm+9mm~35mm. → **R60**

Schody wewnętrzne żelbetowe (osie J'-K'/0'-0'')

Na poziomie parteru niskiego w osiach J'-K'/0'-0'' wykonano schody prowadzące na parter wysoki. Schody wykonano w formie centralnej pojedynczej belki, schody oraz spocznik wykonano jako obustronne wsporniki wg poniższych szkiców.



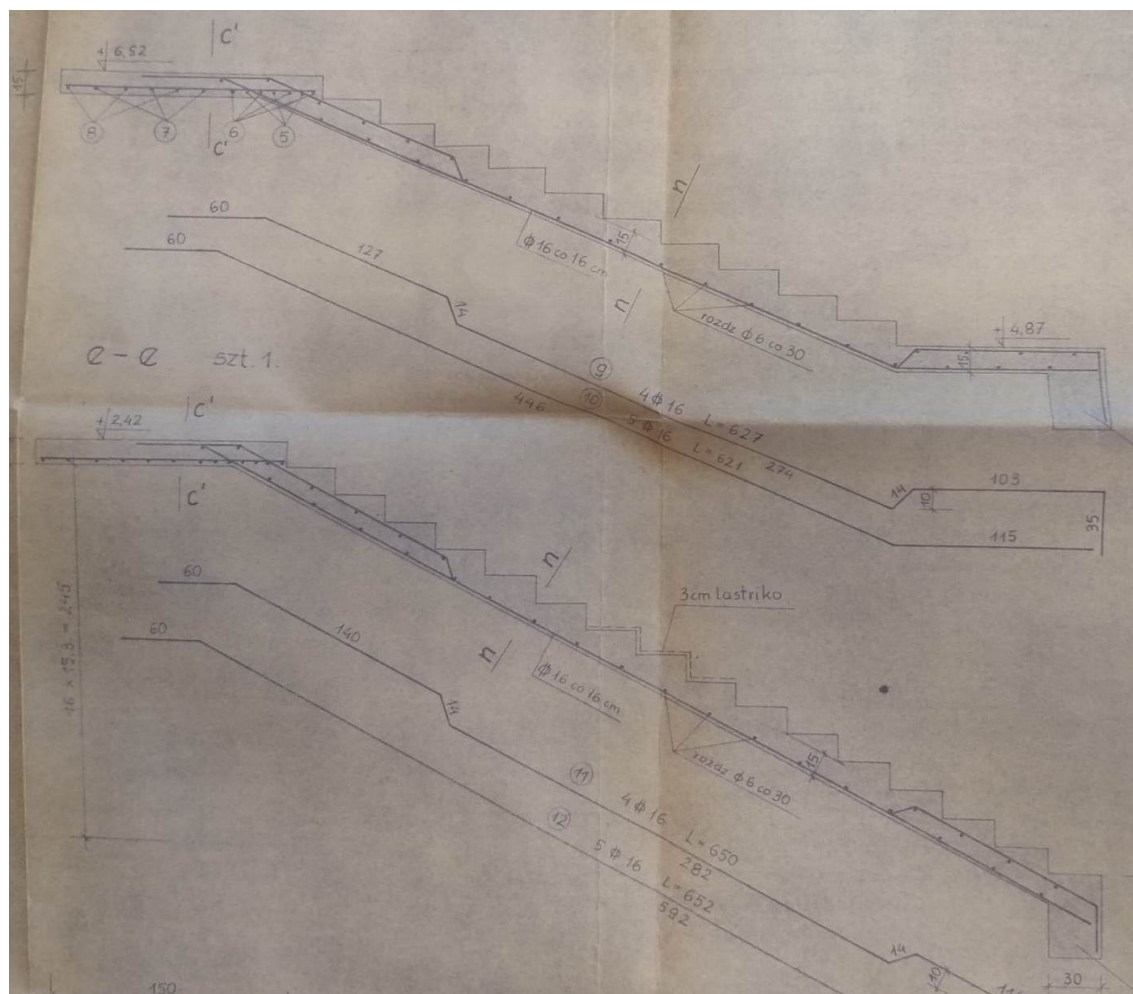
Fot.11,12 schody wewnętrzne (osie J'-K'/0'-0'')

Bieg schodowy wykonano w formie płyty żelbetowej grubości 8-5cm wspartej na centralnej belce żelbetowej 30x30cm.

Belka żelbetowa 30x30cm, jednoprzęsłowa swobodnie podparta, zbrojenie dolne Ø20mm, odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+10mm = 30mm. → **R60**

Schody wewnętrzne żelbetowe (osie J'-K'/2-3)

Na poziomie parteru niskiego w osiach J'-K'/2-3 wykonano dodatkową klatkę schodową zapewniającą dostępność do wszystkich kondygnacji nadziemnych. Schody wykonano jako płytowe oparte na spocznikach i ścianach bocznych klatki schodowej.

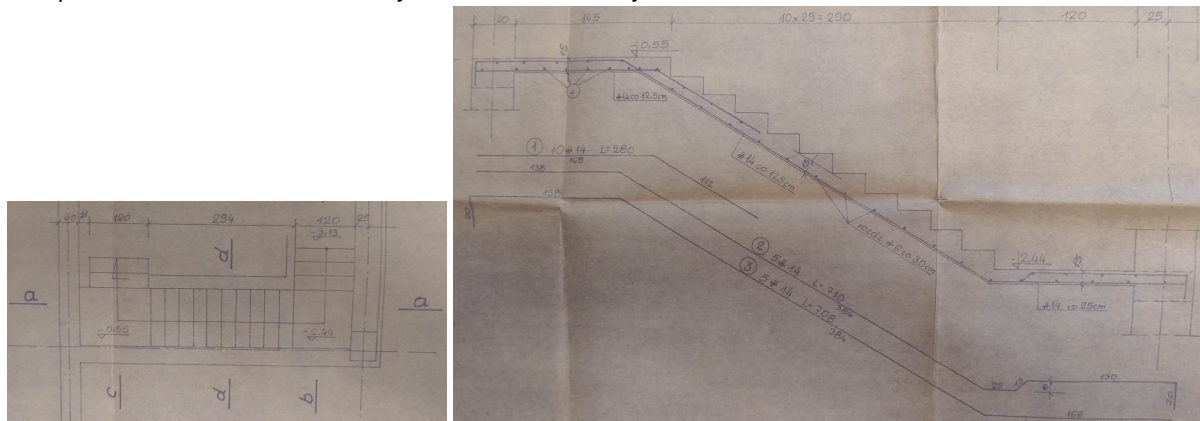


Fot.13. schody wewnętrzne (osie J'-K'/2-3)

Płyty żelbetowe zbrojone jednokierunkowo. Płyta biegu schodowego oraz spoczników grubości 15cm, zbrojenie dolne Ø16mm, odległość środka ciężkości zbrojenia od dolnej powierzchni płyty 20mm+8mm ~30mm. → **REI90**

Schody wewnętrzne żelbetowe (osie K'-L'/2-3)

Na poziomie parteru niskiego w osiach K'-L'/2-3 wykonano schody dodatkową klatkę schodową zapewniającą komunikację między niskim i wysokim parterem. Schody wykonano jako płytowe oparte na spocznikach i ścianach bocznych klatki schodowej.



Fot.14,15. schody wewnętrzne (osie K'-L'/2-3)

Płyty żelbetowe zbrojone jednokierunkowo. Płyta biegu schodowego oraz spoczników grubości 15cm, odległość środka ciężkości zbrojenia od dolnej powierzchni płyty 20mm+8mm ~30mm. → **REI90**

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych niskiego parteru wynosi:

- Ściany żelbetowe, betonowe i murowane	min. REI120
- Belki żelbetowe 40x50	min. R90
- Rygle ram żelbetowych 40x50	min. R90
- Słupy ram żelbetowych 40x40/60cm	min. R120
- klatki schodowe	min. R60,R90, REI90 (wg oznaczeń na rysunkach)

2.3. PARTER WYSOKI

2.3.1. STROP NAD PARTEREM WYSOKIM

Strop DZ-3 W osiach C'-J'/2-3

Strop nad parterem w osiach C'-J' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3. Modyfikacja w stosunku do rozwiązań typowych polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 20x23cm

W stropie zastosowano zbrojenie jak w stropie nad parterem niskim.

Dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a=20\text{mm}+9\text{mm}\sim30\text{mm}$, z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

Z warunku szczelności: grubości ścianki pustaka 20mm, grubość nadbetonu stropu 30mm + grubość posadzki betonowej 35mm: łącznie 85mm → wymagana dla EI60 : 80mm , uwzględniając odporność pożarową żeber, klasa odporności pożarowej stropu DZ-3 na żebrach monolitycznych wynosi min. REI60

- Strop DZ-3 (osie C'-J'/2-3)	min. REI60
-------------------------------	------------

Płyta żelbetowa w osiach J'-K'/2-3

Strop nad parterem wysokim w osiach J'-K'/2-3 przy szybie windowym wykonano jako monolityczną płytę żelbetową grubości 10cm. Dla płyty żelbetowych grubości 10cm krzyżowo zbrojonych, odczytana z tablic minimalna odporność pożarowa wynosi REI90.

- Strop monolityczny (osie J'-K'/2-3)	min. REI60
---------------------------------------	------------

Strop DZ-3 W osiach K'-L'

Strop nad parterem w osiach K'-L' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3 grubości 23cm. Modyfikacja w stosunku do rozwiązań typowych polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 25x23cm

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø16mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a=20\text{mm}+9\text{mm}\sim30\text{mm}$. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

Z warunku szczelności: grubości ścianki pustaka 20mm, grubość nadbetonu stropu 30mm + grubość posadzki betonowej 35mm: łącznie 85mm → wymagana dla EI60 : 80mm , uwzględniając odporność pożarową żeber, klasa odporności pożarowej stropu DZ-3 na żebrach monolitycznych wynosi min. REI60

- Strop DZ-3 (osie K'-L')	min. REI60
---------------------------	------------

Odporność pożarowa stropów niskiego parteru wynosi:

- Strop DZ-3 (osie C'-J')	min. REI60
- Strop monolityczny (osie C'-J')	min. REI90

- Strop DZ-3 (osie K'-L')

min. REI60

2.3.1. STROPODACH NAD PARTEREM WYSOKIM

Stropodach DZ-3 W osiach 1-2

Stropodach nad parterem wysokim w osiach 1-2 wykonano jako gęstożebrowy DZ-3. Na belkach prefabrykowanych.

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żebrowych 60mm<h<500mm; h=200mm - warunek spełniony
- rozstaw żebrowych <100cm; b= 64cm - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi REI30. W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego), tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

2.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PARTERU WYSOKIEGO

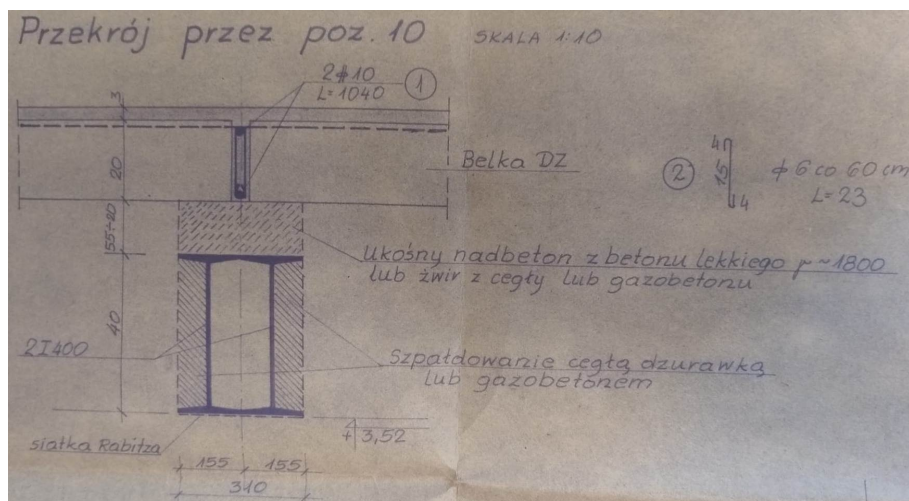
Ściany:

Ściany przydylatacyjne w osi C' oraz w rejonie klatki schodowej w osiach J'-L' wykonane jako murowane z cegły oraz pustaka typu Siporex. Minimalna odporność pożarowa ścian grubości 25cm÷38cm wynosi REI120.

Belka stalowa stropodachu wysokiego 2xIN400:

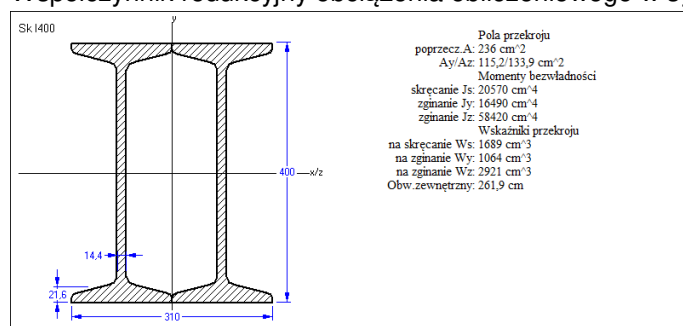
Płyty stropodachu wspierają się na stalowych belkach IN 400, puste przestrzenie boczne wysypdowano cegłą, belki zostały zabezpieczone pożarowo przez owinięcie siatką Rabitza oraz otynkowane tykiem cementowo wapiennym.

Przekrój charakterystyczny stropodachu nad częścią parteru wysokiego:



Fot.16 Strop nad kanałem technologicznym

Wyznaczenie klasy odporności ogniowej, belki stalowej 2xIN400 stropodachu nad parterem wysokim
Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi}=0,50$



Wartość temperatury krytycznej :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \Theta_{a,kr} := 39,19 \ln \left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right) + 482 \quad \Theta_{a,kr} = 584,7$$

Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju – belka nagrzewana z od spodu (nagrzewanie stopek dwuteowników) belka osłonięta – tynkowanie tynkiem cem- wap. na siatce stalowej RABITZ'a:
Grubość warstwy 15mm , współczynnik przenikania ciepła 1.0 W/(m²*K)

$$\lambda_p := 1.0 \quad d_p := 0.015 \quad A_m := 155 \text{ mm} \quad V_m := 2 \times 155 \text{ mm} \cdot 21.6 \text{ mm} = 6696 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_m}{V_m} = 23.15 \frac{1}{\text{m}}$$

Wyznaczenie czasu ekspozycji dla uzyskania przez element stalowy temperatury krytycznej:

$$t_{os} := 40 \cdot (\Theta_a - 140) \cdot \left(\frac{d_p}{\lambda_p} \cdot \frac{1}{23.15} \right)^{0.77} \quad t_{os} = 62.4$$

$$\Theta_{os} := 140 + \frac{t_{os}}{40 \cdot \left(\frac{d_p}{\lambda_p} \cdot \frac{1}{23.15} \right)^{0.77}} \quad \Theta_{os} = 584.9$$

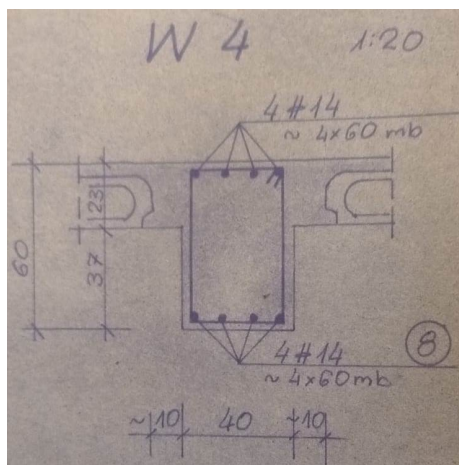
Na podstawie przyjętych założeń klasa odporności pożarowej belek stalowych wynosi ~60min.

- Belki stalowe stropodachu

R60

Belki żelbetowe:

Belka żelbetowa w osi 2,3 40x60



Fot.17 Belka żelbetowa 40x60 stropu nad parterem wysokim w osi 2,3

W osiach 2 oraz 3 wsparcie dla stropów gęstożebrowych stanowi belka/wieniec żelbetowy (poz.W4) o wymiarach 40x60cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku $0,3l_{eff}$ od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 40x60 w układzie wieloprzęsłowym.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø14mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+7mm=27mm.

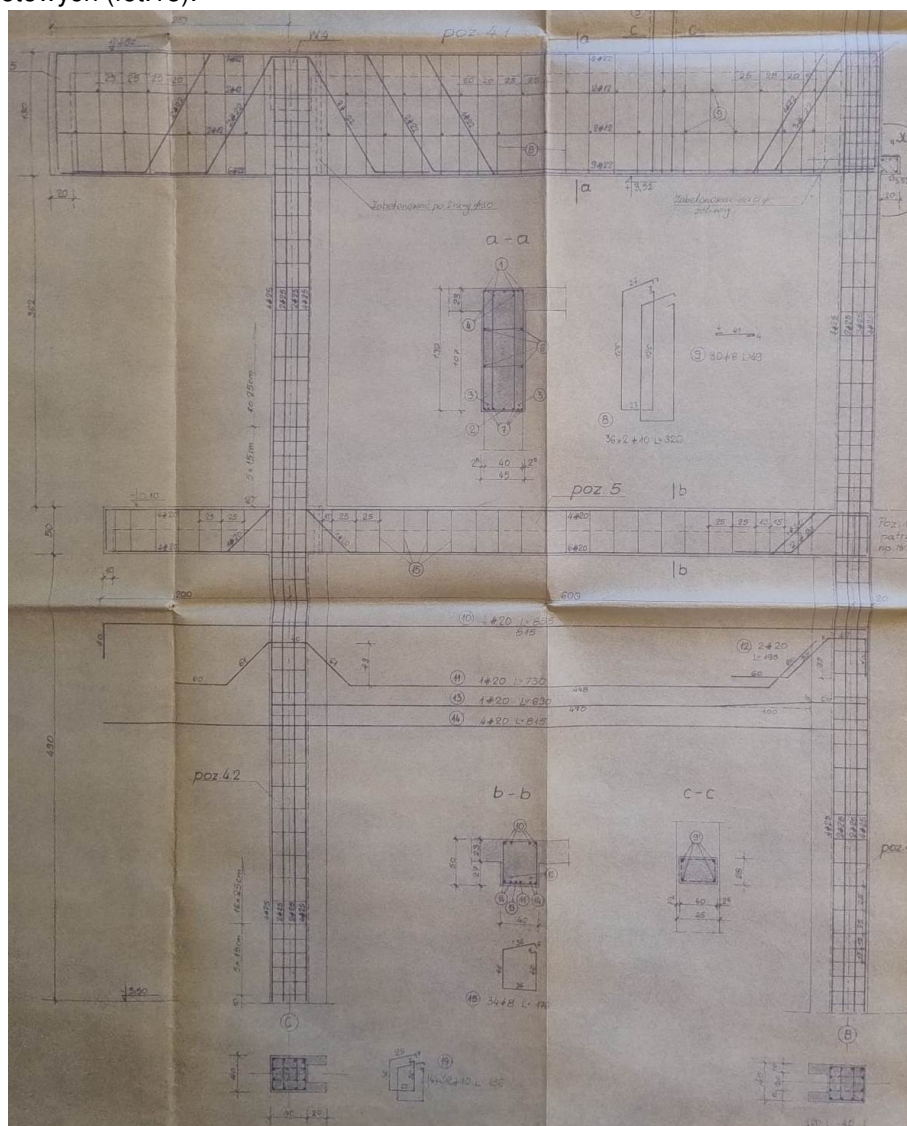
Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość środnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Ramy żelbetowe :

W osiach C'-L' główny ustrój nośny stanowi układ poprzecznych wspornikowych ram żelbetowych (fot.18).



Fot.18 Rama I

Rygiel ramy żelbetowej nad parterem wysokim 45x130

W poziomie stropu nad parterem wysokim wsparcie dla stropów gęstożebrowych stanowi belka żelbetowa (poz.4.1) o wymiarach 45x130cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku $0,3l_{eff}$ od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

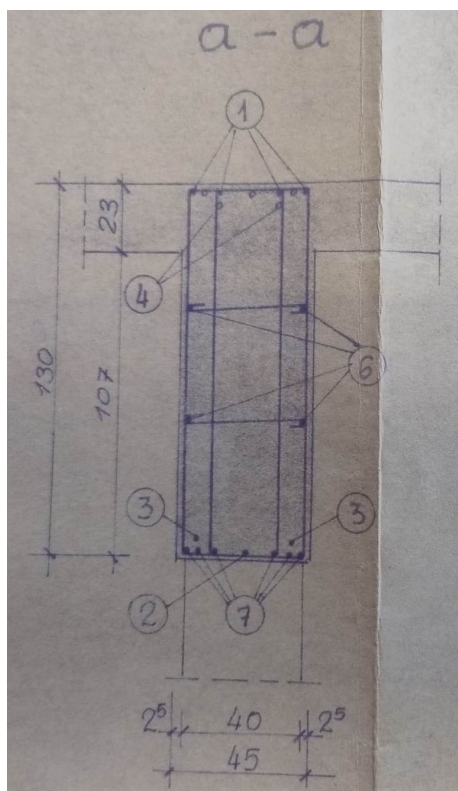
$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 45x130 wykonana jako ciągła, połączona monolitycznie ze słupami oraz wspornikiem nadwieszenia.



Fot.19 Rygiel ramy żelbetowej w poziomie stropu nad parterem wysokim.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego $\varnothing 22\text{mm}$ odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = $25\text{mm} + 11\text{mm} = 36\text{mm}$.

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości $b_{\min}$ i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{\min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{\min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{\min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{\min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{\min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{\min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R120**.

Słup ramy żelbetowej 40x40(60)

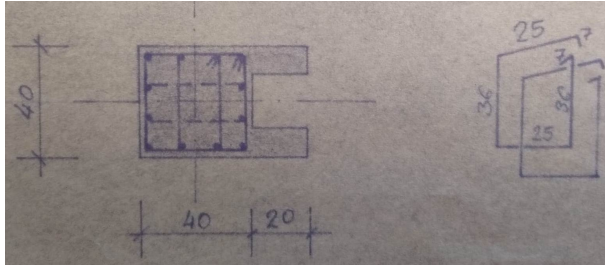
W poziomie parteru wysokiego występują słupy o przekroju poprzecznym 40x40(60)cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu;

Zbrojenie słupa $12\varnothing 25\text{mm} \rightarrow A_s = 12 \times 4,91\text{cm}^2 = 58,92\text{cm}^2$

Pole przekroju betonowego $40\text{cm} \times 60\text{cm} - 20\text{cm} \times 20\text{cm} \rightarrow A_c = 2000\text{cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia $\rightarrow a = 20\text{mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \varnothing 25\text{mm} = 32,5\text{mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$



Fot.20 Przekrój poprzeczny słupów ramy żelbetowej - parter niski 40x40(60)

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,9m$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,9 \text{ m} = 2,45m$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,

$l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 200 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 4000 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 400 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} = 0.5$$

$\Rightarrow$ współczynnik redukcyjny w sytuacji pożarowej

$$A_s = 58.88 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1.4}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$l_{0,fi} = 4.9 \text{ m}$$

$$A_c = 2000 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{cc} = 1.0$$

$$a = 32.5 \text{ mm}$$

$$l_{0,fi} = \max(0.5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2.45 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 500 \cdot \text{mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.717$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 37.527$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 4$$

$$R_l := 9.60 \left(5 - \frac{l_0 \cdot f_i}{m} \right) = 24.48$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 45$$

$$R_n := 12 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0$$

$$R := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 125.467$$

Dla słupów ram żelbetowych w poziomie parteru wysokiego odporność pożarową oznaczono, na poziomie min. **R120**.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych parteru wysokiego wynosi:

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| - Ściany murowane | min. REI120 |
| - Belki żelbetowe 40x60 | min. R90 |
| - Rygle ram żelbetowych 45x130 | min. R120 |
| - Słupy ram żelbetowych 40x40/60cm | min. R120 |

2.4. KONDYGNACJE POWTARZALNE

2.4.1. STROPY

- Strop w osiach C' - I'

Stropy kondygnacji powtarzalnych w osiach C' - I' wykonano jako kanałowe typu „Żerań” grubości 24cm. Płyty kanałowe rozpiętości 6,0m. Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.5.1.(3) odczytano klasę odporności ogniowej płyt kanałowych „C” 60 min.– **REI60**.

- Strop w osiach I' - J'

Stropy kondygnacji powtarzalnych w osiach I' - J' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3. Na belkach prefabrykowanych.

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żebrowych 60mm < h < 500mm; h=200mm - warunek spełniony
- rozstaw żebrowych < 100cm; b= 64cm - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi **REI30**.

W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego), tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

- Strop w osiach J` - M`

Strop nad parterem w osiach J`-M` wykonano jako gęstożebrowy DZ-3 grubości 23cm. Modyfikacja w stosunku do rozwiązań typowych polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 20x23 oraz 25x23cm

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø16mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 20\text{mm} + 9\text{mm} \sim 30\text{mm}$. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

Z warunku szczelności: grubości ścianki pustaka 20mm, grubość nadbetonu stropu 30mm + grubość posadzki betonowej 35mm: łącznie 85mm → wymagana dla EI60 : 80mm , uwzględniając odporność pożarową żeber, klasa odporności pożarowej stropu DZ-3 na żebrach monolitycznych wynosi min. REI60

- Strop DZ-3 (osie K` -L`) **min. REI60**

2.4.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI KONDYGNACJI POWTARZALNYCH

- Klatki schodowe

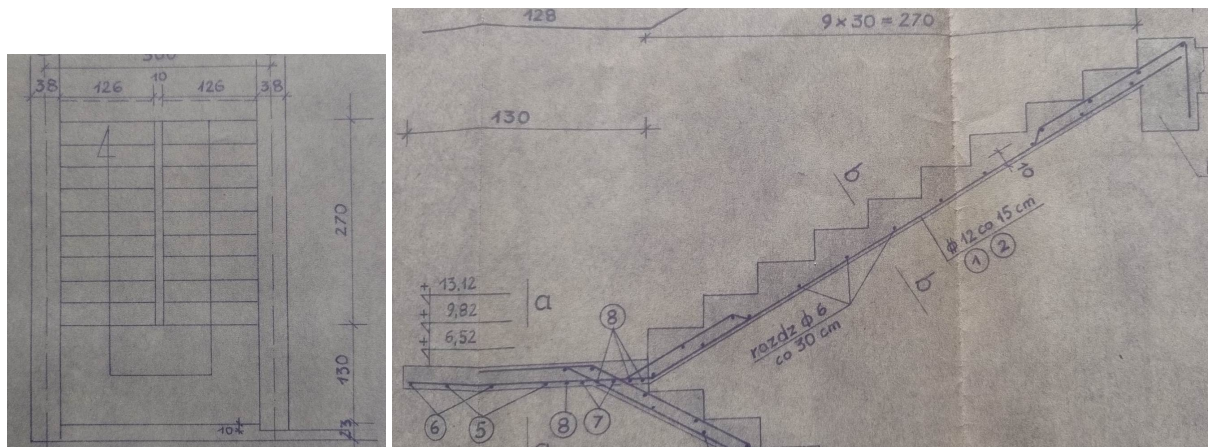
Schody wewnętrzne żelbetowe (osie J`-K`/2-3)

Na poziomie kondygnacji powtarzalnych w osiach J`-K`/2-3, podobnie jak na niższej kondygnacji, wykonano dodatkową klatkę schodową zapewniającą dostępność do wszystkich kondygnacji nadziemnych. Schody wykonano jako płytowe oparte na spocznikach i ścianach bocznych klatki schodowej.

Płyty żelbetowe zbrojone jednokierunkowo. Płyta biegu schodowego oraz spoczników grubości 15cm, zbrojenie dolne Ø16mm, odległość środka ciężkości zbrojenia od dolnej powierzchni płyty 20mm+8mm ~30mm. → **REI90**

Schody wewnętrzne żelbetowe (osie C`-D`)

Na poziomie kondygnacji powtarzalnych w osiach C`-D`, wykonano schody zapewniającą dostępność do wszystkich kondygnacji powtarzalnych. Schody wykonano jako płytowe grubości 10cm oraz 12cm, oparte na spocznikach i ścianach bocznych klatki schodowej.



Fot.21,22 schody bocznej klatki schodowej

Płyty żelbetowe zbrojone jednokierunkowo. Płyta biegu schodowego oraz spoczników grubości 10/12cm, zbrojenie dolne Ø12cm, odległość środka ciężkości zbrojenia od dolnej powierzchni płyty 15mm+6mm=21mm. → REI60.

2.4.1. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KONDYGNACJI POWTARZALNYCH

Ściany:

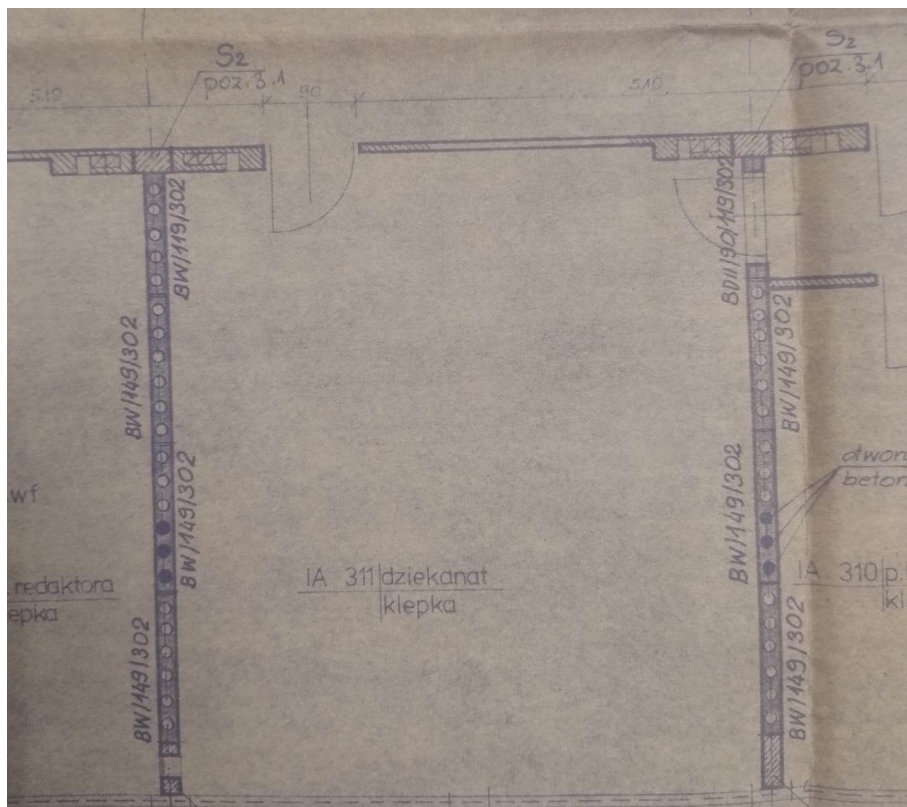
Ściany murowane

Ściany przydylatacyjne w osi C` oraz ściany boczne klatek schodowych osiach C`-D` oraz J`-K` wykonane jako murowane z cegły oraz pustaka typu Siporex o grubościach 25 oraz 38cm. Minimalna odporność pożarowa ścian grubości 25cm÷38cm wynosi **REI120**.

Ściany prefabrykowane

Ściany poprzeczne w osiach konstrukcyjnych między pomieszczeniami wykonane jako prefabrykowane z bloków ściennych grubości 24cm

Do budowy użyto bloki kanałowe „BW” (tzw. „cegła żerańska”) uzupełnione w miejscach wykonania otworów drzwiowych o bloki drzwiowe o symbolu „BD”.

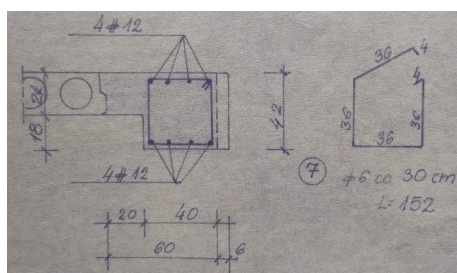


Fot.23 Ściany prefabrykowane kondygnacji powtarzalnych

Ściany żelbetowe z prefabrykowanych bloków ściennych spełniają wymagania klasy odporności ogniowej **REI120**.

Belki żelbetowe:

Wieniec żelbetowy 40x42cm w osi 2



Fot.24 Belka żelbetowa 40x42 osi 2

W osiach 2 wsparcie dla ścian osłonowych stanowi belka/wieniec żelbetowy (poz.W1) o wymiarach 40x42cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku 0,3leff od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{\text{eff}} \rightarrow A_{s,\text{req}} = 0,25A_{s,\text{req}0}$$

$$x=0,2l_{\text{eff}} \rightarrow A_{s,\text{req}} = 0,5A_{s,\text{req}0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 40x42 w układzie wieloprzęsłowym.

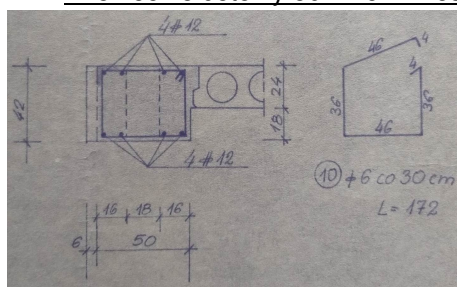
Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø12mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+6mm=26mm.

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Wieniec żelbetowy 50x42cm w osi 3



Fot.25 Belka żelbetowa 50x42 osi 3

W osiach 3 wsparcie dla ścian osłonowych stanowi belka/wieniec żelbetowy (poz.W5) o wymiarach 50x42cm. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

W przypadku wymaganej odporności ogniowej R90 lub wyższej, pole przekroju zbrojenia górnego nad podporą pośrednią na odcinku $0,3l_{eff}$ od osi podpory w obie strony, nie może być mniejsze niż:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 40x42 w układzie wieloprzęslowym.

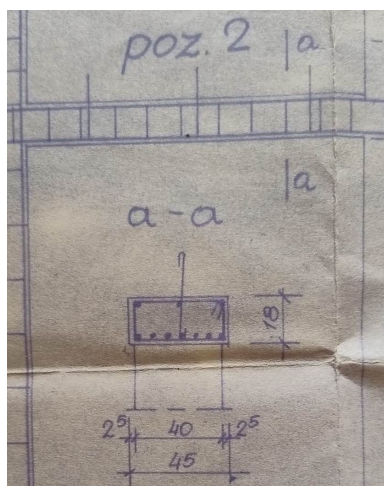
Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø12mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+6mm=26mm.

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Z powyższej tablicy wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Belki żelbetowe 45x18cm



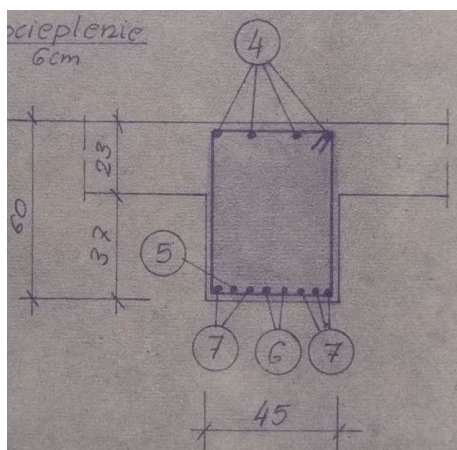
Fot.26 Belka żelbetowa 45x18

W osiach konstrukcyjnych w korytarzu, wsparcie dla płyt stropowych stanowi belka żelbetowa (poz.2) o wymiarach 45x18cm. Belka połączona monolitycznie ze słupami wykonana jako ciągła

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego $\varnothing 16\text{mm}$ odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = $20\text{mm} + 8\text{mm} = 28\text{mm}$.

Z tablic wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Belka żelbetowa 45x60cm w osi L`



Fot.27 Belka żelbetowa 45x60

W osiach L`, wsparcie dla płyt stropowych DZ-3 stanowi belka żelbetowa (poz.14) o wymiarach 45x60cm. Belka oparta na słupach żelbetowych 40 x 40cm, belka połączona monolitycznie ze słupami, wykonana jako ciągła.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø25mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 20mm+12,5mm=32,5mm.

Z tablic wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie **R90**.

Słupy żelbetowe :

Słup ramy żelbetowej 40x40(60)

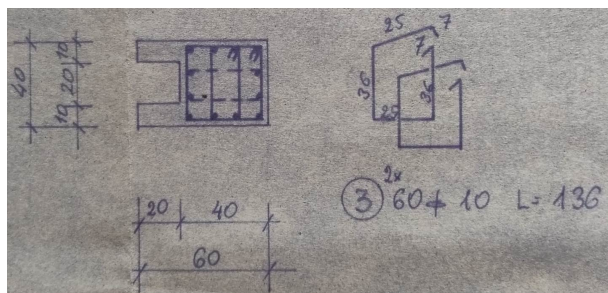
W kondygnacjach powtarzalnych w osi 2 występują słupy o przekroju poprzecznym 40x40(60)cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu:

Zbrojenie słupa 12Ø20mm → $A_s = 12 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 37,68 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx60cm – 20cmx20cm → $A_c = 2000 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = 20 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$

Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$



Fot.28 Przekrój poprzeczny słupów ramy żelbetowej – kond powtarzalna 40x40(60)

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,9 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\max}$
- pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 3,12 \text{ m} = 1,56 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,

$l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 200 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 4000 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 400 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} := 0.5$$

$\Rightarrow$ współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$A_s := 37.68 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$f_{yk} := 400 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4}$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$l_o := 3.12 \text{ m}$$

$$A_c = 2000 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{cc} := 1.0 \quad a := 30 \text{ mm} \quad l_{0,fi} := \max(0.5 \cdot l_o, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 500 \text{ mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.459$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 36.743$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 0$$

$$R_l := 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 45$$

$$R_n := 12 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n = 4 \quad R_n = 0$$

$$R_{fi} = 120 \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8} = 124,617$$

Dla słupów ram żelbetowych w poziomie kondygnacji powtarzalnych, odporność pożarową oznaczono, na poziomie min. **R120**.

Słup ramy żelbetowej 40x40 w osi L'

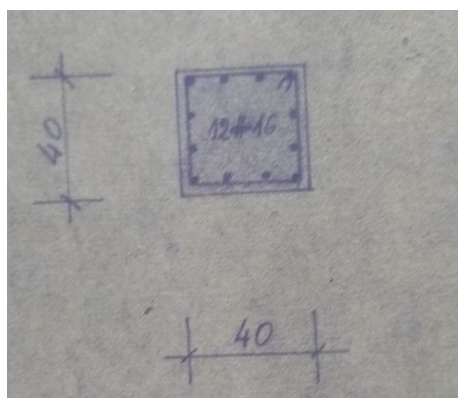
Na kondygnacjach powtarzalnych w osi L' występują słupy o przekroju poprzecznym 40x40cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu:

Zbrojenie słupa 12Ø16mm → $A_s = 12 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 24,12 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx40cm → $A_c = 1600 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = 20 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne})$
0,5xØ16mm=28mm

Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$



Fot.29 Przekrój poprzeczny słupów ramy żelbetowej – kond. powtarzana 40x40

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,9 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\max}$
- pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 2,70 \text{ m} = 1,35 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$R_n = 12$ dla $n > 4$,

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,

$l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 200 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 4000 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 400 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} := 0.5$$

$\Rightarrow$ współczynnik redukcji w sytuacji
pożarowej

$$A_s := 24.12 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$f_{yk} := 400 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4}$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$l_o := 2.70 \text{ m}$$

$$A_c = 1600 \cdot \text{cm}^2$$

$$\alpha_{cc} := 1.0$$

$$a := 28 \text{ mm}$$

$$l_{0,fi} := \max(0.5 \cdot l_o, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 400 \cdot \text{mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.367$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 36.385$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = -3.2$$

$$R_l := 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 36$$

$$R_n := 12 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0$$

$$R_w := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 102.6$$

Dla słupów ram żelbetowych w osi L', odporność pożarową oznaczono, na poziomie min. **REI102**.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych kondygnacji powtarzalnych wynosi:

- Ściany murowane

min. REI120

- Ściany żelbetowe	min. REI120
- Klatki schodowe	min. REI60, REI90 (wg oznaczeń na rysunkach)
- Belki żelbetowe 40x42,50x42,45x18,45x60	min. R90
- Słupy ram żelbetowych 40x40/60cm	min. R120
- Słupy żelbetowe 40x40cm	min. R102

2.5. STROPOADACH

- Stropodach w osiach C' - I'

Stropy kondygnacji powtarzalnych w osiach C'-I' wykonano jako kanałowe typu „Żerań” grubości 24cm. Płyty kanałowe rozpiętości 6,0m. Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.5.1.(3) odczytano klasę odporności ogniowej płyt kanałowych „C” 60 min.– **REI60**.

- Strop w osiach I' - J'

Stropy kondygnacji powtarzalnych w osiach I'-J' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3. Na belkach prefabrykowanych.

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żebrowy stropowych 60mm<h<500mm; h=200mm - warunek spełniony
- rozstaw żebrow <100cm; b= 64cm - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi **REI30**.

W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego), tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

- Strop w osiach J' - M'

Strop nad parterem w osiach J'-M' wykonano jako gęstożebrowy DZ-3 grubości 23cm. Modyfikacja w stosunku do rozwiązań typowych polega na wykonaniu żebrow stropowych jako monolitycznych o wymiarach 20x23 oraz 25x23cm

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø16mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki a= 20mm+9mm~30mm. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R60.

Z warunku szczelności: grubości ścianki pustaka 20mm, grubość nadbetonu stropu 30mm + grubość posadzki betonowej 35mm: łącznie 85mm → wymagana dla EI60 : 80mm , uwzględniając odporność pożarową żeber, klasa odporności pożarowej stropu DZ-3 na żebrach monolitycznych wynosi min. REI60

- Strop DZ-3 (osie K'-L') min. REI60

- Pokrycie z płyt korytkowych

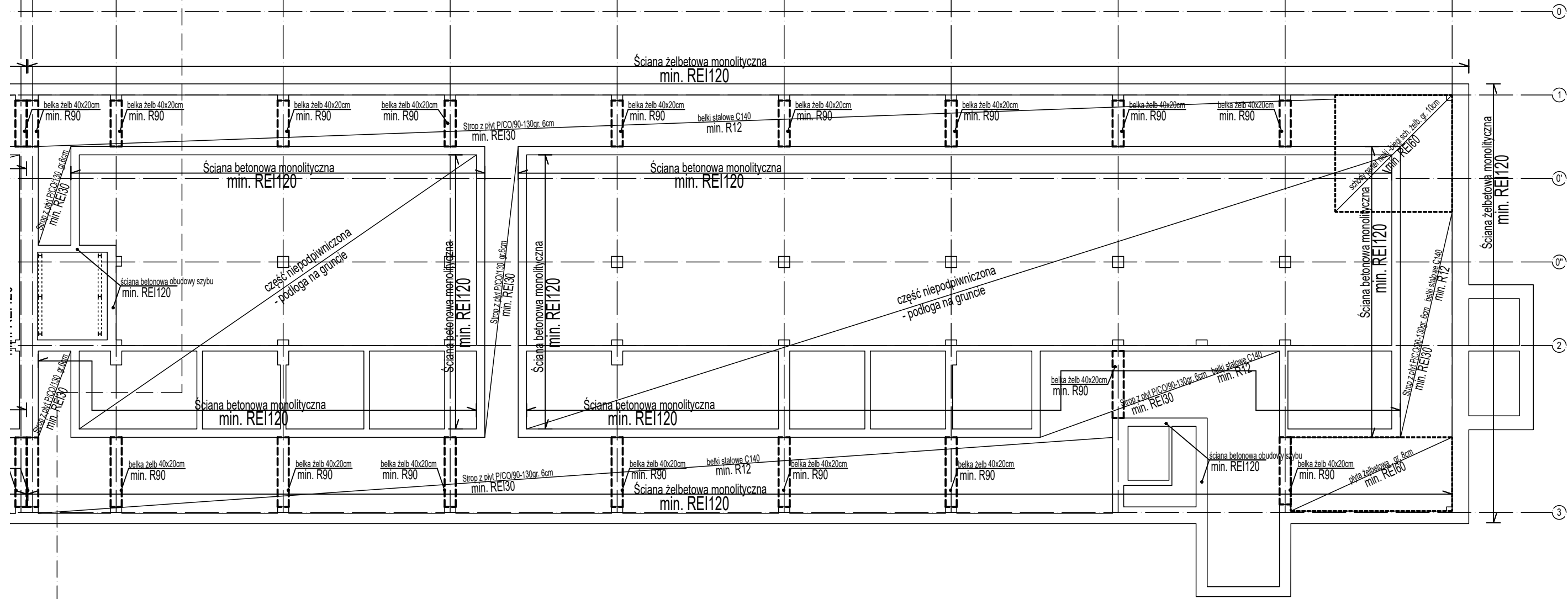
Pokrycie właściwe wykonano z płyt korytkowych, żelbetowych, prefabrykowanych w układzie poprzecznym. Płyty korytkowe o wymiarach 60x300cm, 60x240cm. Płyty korytkowe opierają się na ażurowych ściankach wymurowanych z cegły. Ścianki ażurowe wymurowano na płytach nośnych kanałowych typu „Żerań” oraz stropach DZ-3. Przy uwzględnieniu gładzi cementowej gr. 3,5cm odporność pożarowa płyt korytkowych wynosi 30min.

Odporność pożarowa dachu istniejącego wynosi:

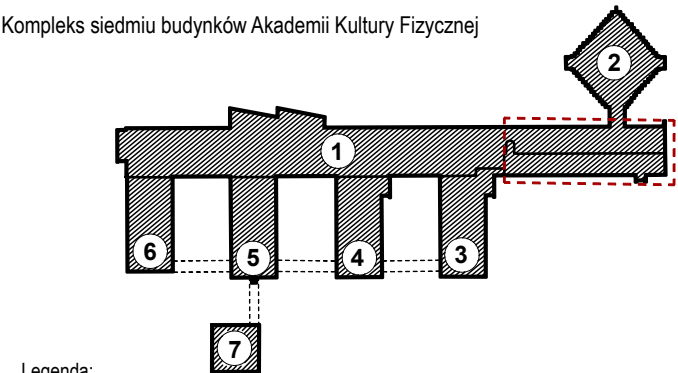
- | | |
|--|------------------|
| - Dla pokrycia z płyty korytkowych | min.REI30 |
| - Dla płyty kanałowych stropodachu | min.REI60 |
| - Dla stropu DZ-3 (belki monolityczne) | min.REI60 |
| - Dla stropu DZ-3 (belki prefabrykowane) | min.REI30 |

Sporządził:
mgr inż. Daniel Guzierowicz
Nr upr. MAP/0267/POOK/08

BUDYNEK W OSIACH C` - L`
RZUT STROPU NAD KANAŁAMI
SKALA 1:150



Kompleks siedmiu budynków Akademii Kultury Fizycznej



- Legenda:
- 1 - Budynek główny AKF
 - 2 - Aula
 - 3 - Pawilon I
 - 4 - Pawilon II
 - 5 - Pawilon III
 - 6 - Pawilon IV
 - 7 - Budynek komory termoklimatycznej
 - - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14		
Inwestor:		AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj: PK
Temat:		Rysunek:		Nr rys:
Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE C`-L` odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych.		EK-CL-01
Rzut stropu nad kanałami		Nr uprawnień:		Skala:
Branża:		KONSTRUKCJA		1:150
Opracował:		mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ		Data:
MAP/0267/P00K/08				2026 KWIECIEŃ

SKALA 1:150

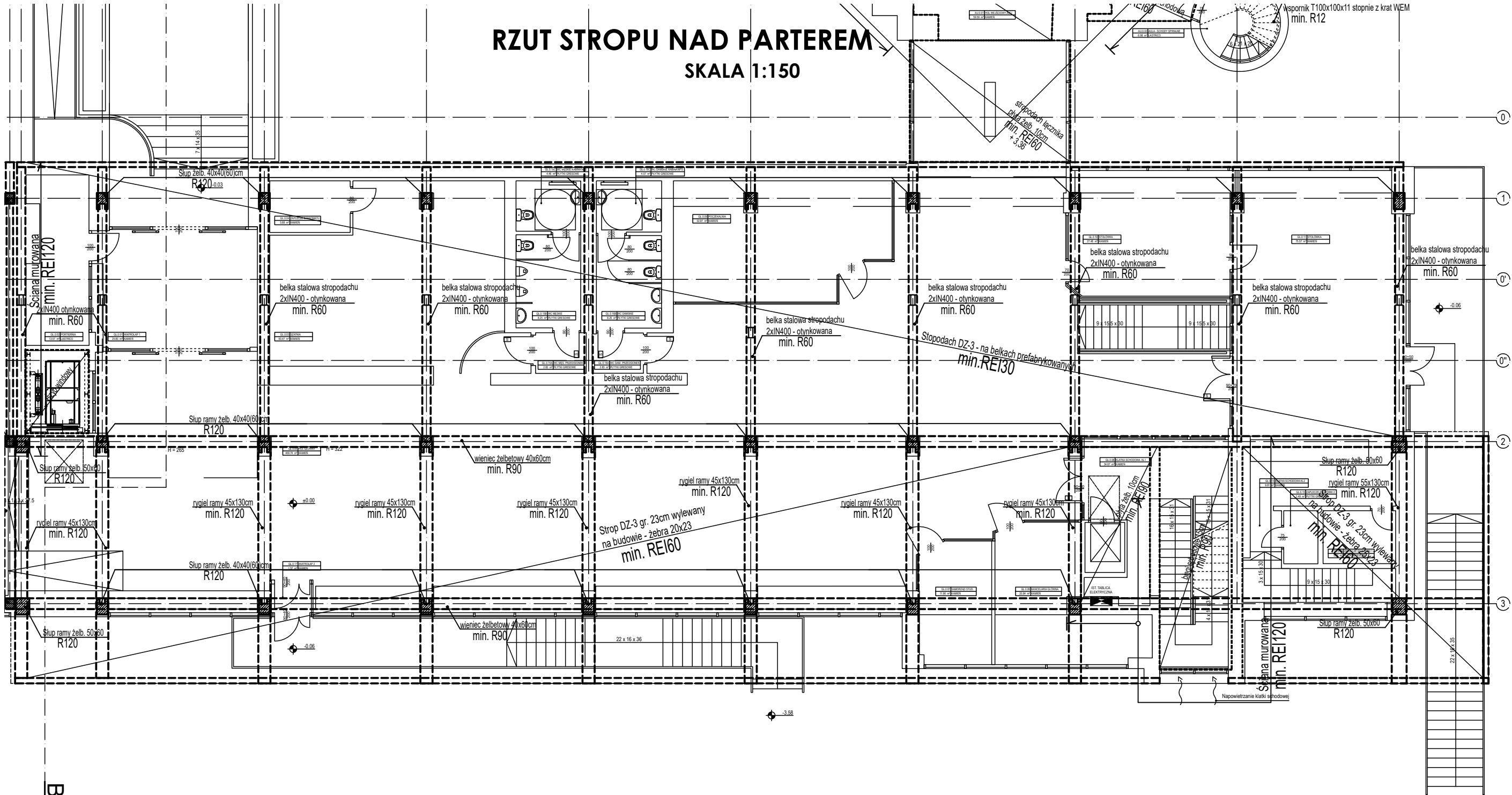


Widok planu budynków Akademii Kultury Fizycznej

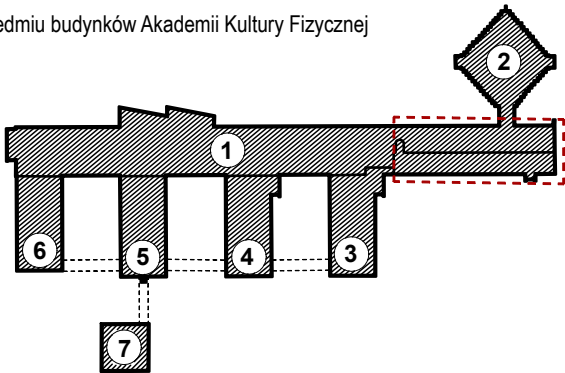
- — - Zakres opracowania

Branża:	KONSTRUKCJA	Nr uprawnień:	Podpis:	Skala:
				1:150
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/P00K/08		Data:
				2026
				KWIECIEŃ

RZUT STROPU NAD PARTEREM
SKALA 1:150

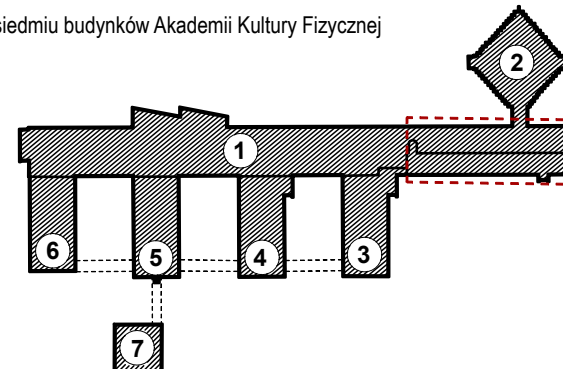
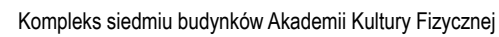


Kompleks siedmiu budynków Akademii Kultury Fizycznej



- Legenda:
- 1 - Budynek główny AKF
 - 2 - Aula
 - 3 - Pawilon I
 - 4 - Pawilon II
 - 5 - Pawilon III
 - 6 - Pawilon IV
 - 7 - Budynek komory termoklimatycznej
 - - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14		
Inwestor:	AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj:	PK
Temat:	Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		Rysunek:	Nr rys:
		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE C'-L' odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych.		EK-CL-03
		Rzut stropu nad parterem		
Branża:	KONSTRUKCJA	Nr uprawnień:	Podpis:	Skala:
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/POOK/08		1:150
				Data:
				2026
				KWIECIEŃ

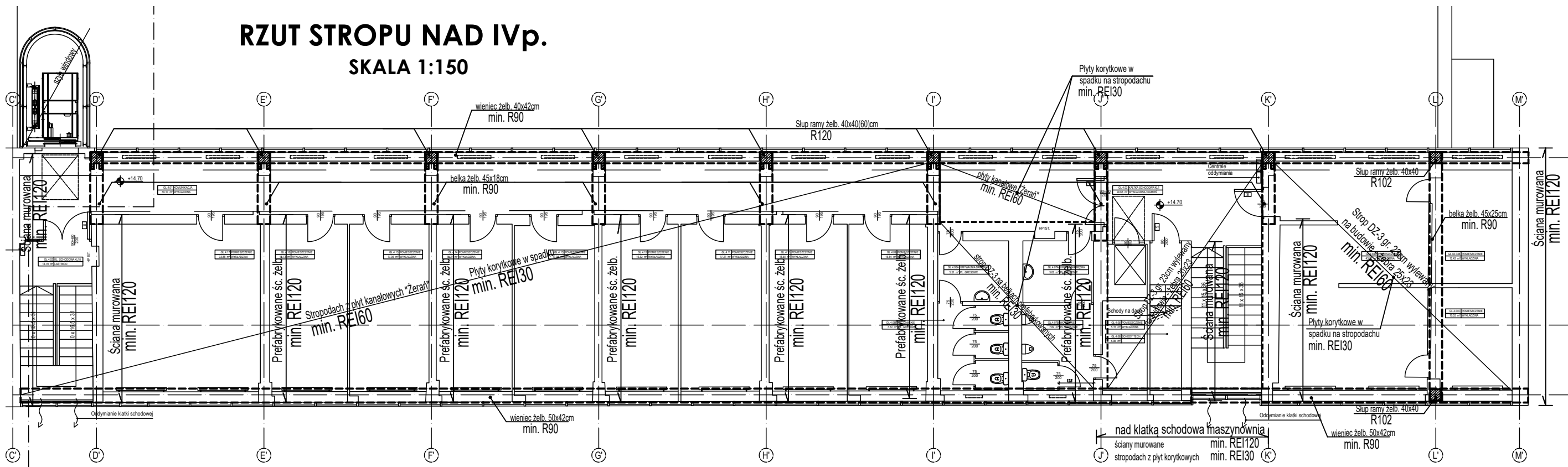


- | | | | | | |
|--|-----------------------------|------------------|--|--|----------------------------|
| Jedn. projektowa: | | | | TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k.
ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14 | |
| Inwestor: AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie
ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków | | | | Faza proj:
PK | |
| Temat:
Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych. | | | Rysunek:
BUDYNEK GŁÓWNY OSIE C'-L'
odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych.

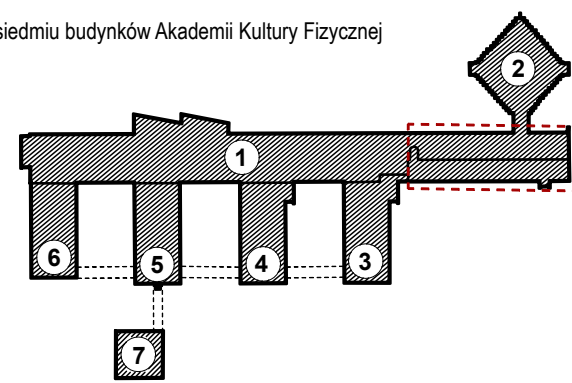
Rzut stropu nad I, II, IIIp | | Nr rys:
EK-CL-04 |
| Branża: | KONSTRUKCJA | Nr uprawnień: | Podpis: | Skala:
1:150 | |
| Opracował: | mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ | MAP/0267/POOK/08 | | Data:

2026
KWIECIEŃ | |

RZUT STROPU NAD IVp.
SKALA 1:150



Kompleks siedmiu budynków Akademii Kultury Fizycznej



- Legenda:
- 1 - Budynek główny AKF
 - 2 - Aula
 - 3 - Pawilon I
 - 4 - Pawilon II
 - 5 - Pawilon III
 - 6 - Pawilon IV
 - 7 - Budynek komory termoklimatycznej
 - - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14		
Inwestor:		AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj: PK
Temat:		Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		Nr rys: EK-CL-05
Rysunek:		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE C'-L' odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych. Rzut stropu nad IVp		
Branża:	KONSTRUKCJA	Nr uprawnień:	Podpis:	Skala: 1:150
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/P00K/08		Data: 2026 KWIECIEŃ