



KARTA TYTUŁOWA

JEDNOSTKA PROJEKTOWA	ZADANIE INWESTYCYJNE
KONIOR Przedsiębiorstwo Budowlane Sp. z o. o. ul. Mariacka 9 40-014 Katowice	EKSPERTYZA BUDOWLANA MURU OPOROWEGO WZDŁUŻ PÓŁNOCNEJ NIECKI ORAZ PRZYLEGŁYCH POMIESZCZEŃ ZAGŁĘBIONYCH W GRUNCIE NA TERENIE DAWNEJ KOPALNI „KRÓLOWA LUIZA” W ZABRZU PRZY UL. WOLNOŚCI 410

NAZWA I ADRES OBIEKTU	Skansen Górniczy „Królowa Luiza”, ul. Wolności 410, 41-800 Zabrze
DZIAŁKA NR	4380/64 i 4375/64
KOB	Kategoria IX
INWESTOR	MUZEUM GÓRNICTWA WEGLOWEGO W ZABRZU ul. Jodłowa 59, 41-800 Zabrze

	IMIĘ I NAZWISKO	SPECJALNOŚĆ	NR UPRAWNIENÍ	PODPIS
PROJEKTANT	mgr inż. Piotr Ptok	Konstrukcyjno - budowlana	zaświadczenie Śl.OIIB w Katowicach SLK/BO/6624/10	
SPRAWDZAJĄCY	mgr inż. Arch. Ariana Gano- Kotula		zaświadczenie Śl.OIIB w Katowicach nr SLK/BO/1378/03	
OPRACOWANIE	mgr inż. Michael Pamuła	Konstrukcyjno - budowlana	-	
listopad 2016 rok				

KONIOR Przedsiębiorstwo Budowlane Sp. z o.o., 40-014 Katowice, ul. Mariacka 9tel./fax., +48 32 253 98 29, +48 32 206 84 99 www.konior.com.pl; e-mail: biuro@konior.com.pl

Spółka wpisana do KRS 0000558446 w Sądzie Rejonowym Katowice–Wschód w Katowicach

Wydział VIII Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego. Kapitał zakładowy 450'000,- zł

NIP 9542754792, REGON 361318308 , Nr rachunku bankowego 41 1060 0076 0000 3380 0012 8656

str. 0



Spis treści

1. Podstawa opracowania.....	3
1.1. Literatura	3
1.2. Normy.....	3
1.3. Inne	4
2. Przedmiot i zakres opracowania	5
3. Opis ogólny	6
3.1. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami.....	7
3.1.1. Sytuacja	7
3.1.2. Mur oporowy	8
3.1.3. Fundamenty	8
3.1.4. Sklepienia, stropy.....	8
3.1.5. Posadzki	10
3.1.6. Schody.....	10
3.1.7. Otwory okienne i drzwiowe	10
3.2. Pomieszczenia maszynowni	10
3.2.1. Sytuacja	11
3.2.2. Konstrukcja	11
3.2.3. Elewacje.....	11
3.2.4. Wnętrze.....	12
4. Stan techniczny przedmiotowych obiektów.....	12
4.1. Strop maszynowni	12
4.2. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami.....	13
5. Rys historyczny.....	14
6. Badania materiałowe	14
6.1. Wpływy środowiskowe oddziałujące na konstrukcję.....	14
6.1.1. Wpływ wykonawstwa na konstrukcję.	17
6.2. Cel i opis przeprowadzonych badań	17
6.2.1. Badanie zubożenia betonu.....	18



6.2.2.	Badanie młotkiem Schmidta.....	18
6.2.3.	Badanie wytrzymałości elementów murowych	19
7.	Wyniki badań materiałowych	21
7.1.1.	Badanie młotkiem Schmidta.....	21
7.1.2.	Badanie wytrzymałości elementów murowych	22
8.	Obliczenia statyczne	22
8.1.	Metody obliczeniowe	22
8.2.	Strop maszynowni	25
8.2.1.	Zestawienia obciążeń	25
8.2.2.	Obliczenia statyczne	26
8.3.	Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami.....	28
8.3.1.	Zestawienia obciążeń	28
8.3.2.	Obliczenia statyczne	28
8.4.	Mur oporowy z silikatów	30
8.4.1.	Obliczenia statyczne	30
9.	Wnioski	32
10.	Zalecenia	33
10.1.	Strop maszynowni.....	33
10.2.	Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami.....	34
10.3.	Mur oporowy z cegły silikatowej.....	34
10.4.	Inne uwagi.....	35



1. Podstawa opracowania

1.1. Literatura

- „Początki architektury tom II” Karol Podczaszyński 1829 r.
- „Przewodnik dla mularzy” Władysław Hirszel 1876 r.
- „Podręcznik budowniczego” Konstanty Haller 1924 r.
- „Budownictwo” inż. Dionizy Krzyczkowski (1929)
- Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2010.
- Zybura A, Jaśniok M., Jaśniok T.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Badania korozji zbrojenia i właściwości ochronnych betonu, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2011.

1.2. Normy

- PN-54/B-03002 Konstrukcje murowe z cegły. Obliczenia statyczne i projektowanie,
- PN-67/B-03002 Konstrukcje murowe z cegły. Obliczenia statyczne i projektowanie,
- PN-B-03002:1987 Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie,
- PN-B-03002:1999 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie,
- PN-B-03002:2007 Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie,
- PN-EN 1996-3:2010 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 3.
- PN-EN 13791 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
- PN-EN 12504-2 Badania betonu w konstrukcjach - Część 2: Badania nieniszczące - Oznaczanie liczby odbicia
- PN-74/B-06262 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N



- Instrukcja ITB nr 210 Metoda sklerometryczna do badań wytrzymałości betonu w konstrukcji, 1977
- PN-EN 1991-1 Oddziaływania na konstrukcje
- PN-EN 1992-1 Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- PN-EN 14630:2007 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową.
- PN-83/B-03010 – Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

1.3. Inne

- umowa nr 229/2016 z dnia 12.09.2016 zawarta pomiędzy Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu z siedzibą 41-800 Zabrze, ul. Jodłowa 59 a firmą KONIOR Przedsiębiorstwo Budowlane Sp. z o.o. z siedzibą 40-014 Katowice, ul. Mariacka 9;
- „Dokumentacja z wyników geofizycznych badań georadarowych wykonanych dla celów inwentaryzacji i ekspertyzy stanu technicznego murów wraz z najbliższym otoczeniem zlokalizowanych przy ul. Wolności w Zabrzu” wykonana przez firmę MET-GEO Tomasz Skupień, 32-540 Trzebinia, ul. 24-Stycznia 37, grudzień 2015;
- Inwentaryzacja budowlana pomieszczeń zagłębionych w fruncie za murem oporowym na terenie skansenu górniczego „Królowa Luiza” w Zabrzu wykonana przez firmę ARKONA Janusz Kotuła, 41-908 Bytom, ul. Wierzbowa 3, grudzień 2007;
- bieżące oględziny obiektu;
- inwentaryzacja obiektu in situ;
- szczegółowa dokumentacja fotograficzna;
- dostępne materiały źródłowe bibliograficzne oraz archiwalne dostępne dla projektantów;
- karta ewidencyjna zabytków architektury i budownictwa (biała karta – nr 3, PSOZ/II/127/93).

2. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest ekspertyza techniczna muru oporowego wzdłuż północnej krawędzi niecki węglowej oraz przyległych pomieszczeń pomiędzy murem oporowym oraz szybem Prinz Schoenach, zlokalizowanych przy ul. Wolności 410 w Zabrzu, na działkach nr 4380/64 i 4375/64, realizowaną w ramach zamówienia pt: „Wykonanie badania architektonicznego wraz z inwentaryzacją budowlaną oraz ekspertyzą stanu technicznego dotyczącego remontu i renowacji murów oporowych na terenie Kopalni Królowa Luiza”. **Obiekt nie jest wpisany do rejestru zabytków.**



Rysunek 1 Widok starej części istniejącego muru oporowego

Przedmiotowe opracowanie obejmuje ekspertyzę techniczną budowlaną w zakresie muru oporowego wzdłuż północnej krawędzi niecki węglowej oraz przyległych pomieszczeń pomiędzy murem oporowym oraz szybem Prinz Schoenach. Przyległe do muru oporowego pomieszczenia zagłębione w gruncie posiadają jedną kondygnację o zróżnicowanym poziomie posadzki oraz sklepienia.

3. Opis ogólny

Województwo: śląskie
Powiat: Zabrze
Miejscowość: Zabrze
Lokalizacja: 41-800 Zabrze, ulica Wolności 410
Obiekt: mur oporowy wzdłuż północnej krawędzi niecki węglowej i przyległych pomieszczeń pomiędzy murem oporowym oraz szybem Prinz Schoenach
Inwestor: Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu
Data budowy: 2. poł. XIX w. rozbudowa XX w.
Projektant: nieznany
Mur oporowy: dł. ok. 60 m i wys. ok. 5 m.
Instalacje: istniejące w obiekcie instalacje to: sieci c.o., instalacje elektryczne i inne nierozpoznane.



Rysunek 2 Widok nowej części istniejącego muru oporowego

3.1. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami

Wymiary muru dł. ca 60 mb; wys. ca 5mb

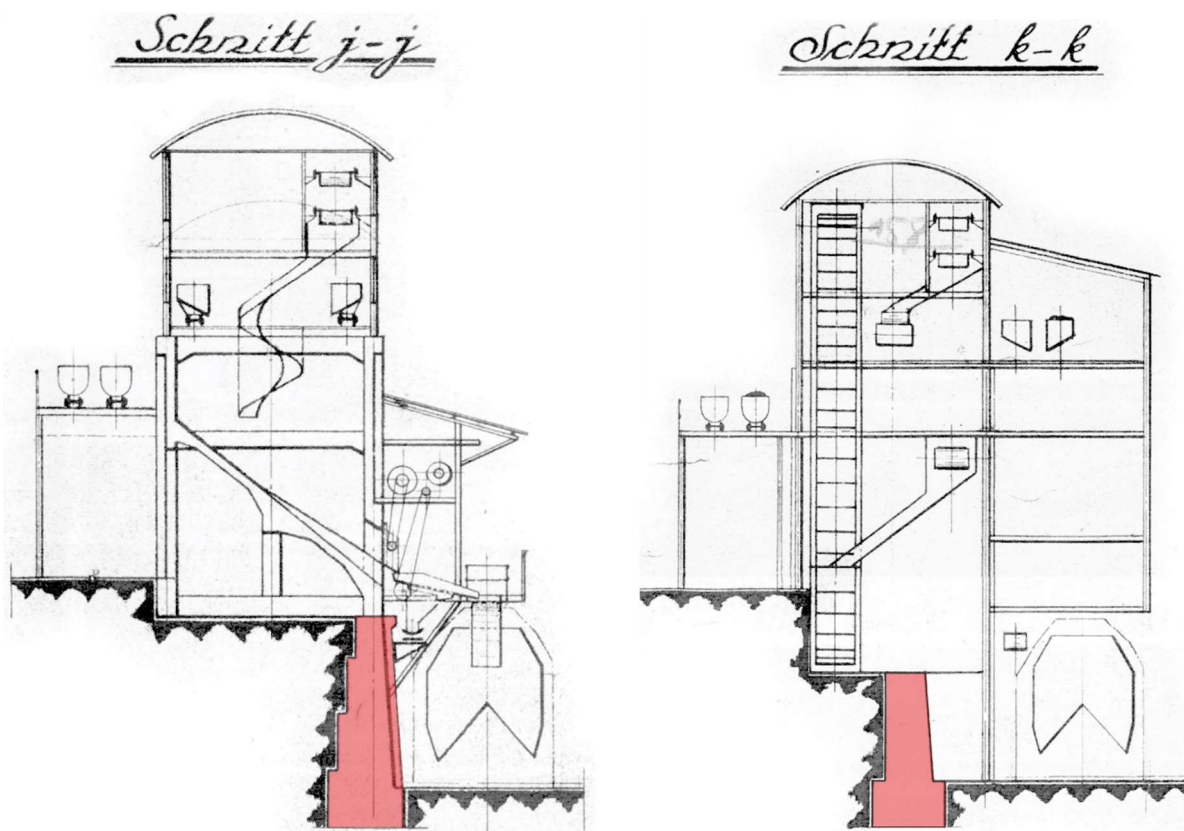
Pow. Zabudowy (pom. 1 i 2) - 89,1 m²

Pow. użytkowa (pom. 1 i 2) - 70 m²

Kubatura (pom. 1 i 2) - 380,25 m³

3.1.1. Sytuacja

Pomieszczenia zagłębione w gruncie usytuowane w środkowej części zespołu bezpośrednio przylegające do muru oporowego oraz budynku dawnego szybu Prinz Schonaich. Prawdopodobnie pierwotne usytuowanie pomieszczeń przebiegało wzdłuż muru oporowego na całej jego długości jednak ze względu na zawalenie konstrukcji stropu pozostały dostępne tylko niektóre pomieszczenia, poddane inwentaryzacji.



Rysunek 3 Celgany mur oporowy oznaczony na archiwalnej dokumentacji

3.1.2. Mur oporowy

Konstrukcja muru oporowego częściowo tradycyjna, murowana z cegły ceramicznej na zaprawie wapienno-cementowej w strefie filarów oraz kamienna w strefie między filarami. Za załomem cegła silikatowa. Układ cegieł na filarach muru oporowego - krzyżowy. W pozostałych fragmentach układ mieszany. Ściany pomieszczeń murowane z cegły ceramicznej na zaprawie wapienno-cementowej otynkowane tynkiem wapienno-cementowym. Wątek układu cegieł na ścianach wewnętrznych oraz wewnętrznych filarach nośnych - krzyżowy. W pomieszczeniu - 1 i 2 występują ścianki działowe wykonane z cegły piaskowo-wapiennej o jasnej barwie, wstępuje wózkowy układ cegieł. Część ścian w pomieszczeniach 2 i 3 wykonane z kamienia.

3.1.3. Fundamenty

Fundamenty pomieszczeń i muru oporowego – ze względu na brak możliwości dostępu do fundamentów oraz z braku materiałów archiwalnych nie można określić materiału wraz z głębokością posadowienia fundamentu pomieszczeń. Prawdopodobnie jest to mur fundamentowy kamienno – ceglany.

3.1.4. Sklepienia, stropy

W pomieszczeniach 1 i 2 występują w strefie przyległej do muru oporowego stropy odcinkowe wykonane poprzez szalunek drewniany, oparte na stalowych belkach dwuteowych natomiast w strefie przyległej do budynku dawnego szybu Prinz Schonaich występują sklepienia kolebkowe pełne, wykonane z cegły ceramicznej o układzie główkowym.



Rysunek 4 Odkrywki kolejno, płyty betonowej nad zasypnymi pomieszczeniami oraz odkrywka sklepienia ceglanego

W pomieszczeniach znajdujących się pod budynkiem dawnego szybu występują sklepienia kolebkowe odcinkowe wykonane z cegły ceramicznej o układzie główkowym (pom. 3) oraz sklepienie odcinkowe wykonane przez szalunek drewniany oparte na stalowych belkach dwuteowych (pom. 4).



Rysunek 5 Odkrywki płyty betonowej



3.1.5. Posadzki

Ze względu na zagruzowanie pomieszczeń trudno dokładnie określić rodzaj posadzki. Prawdopodobnie we wszystkich pomieszczeniach posadzka wykonana jest z wylewki cementowej.

3.1.6. Schody

W pomieszczeniu 1 występują schody na belkach polichowych - wykonanych ze stalowych profili (ceowników), posiadające prostą poręcz stalową o przekroju rurowym.

3.1.7. Otwory okienne i drzwiowe

Mur oporowy – otwory okienne wykonane z cegły ceramicznej zwieńczone sklepieniem łukowym pełnym – zamurwane. Otwory bramne wykonane z cegły ceramicznej zwieńczone sklepieniem łukowym pełnym – zamurwane. Pomieszczenie 1 – otwór drzwiowy usytuowany na ścianie szczytowej sklepienia kolebkowego, pełnego od strony budynku dawnego szybu, otwór znajduje się na wysokości 2,2 m do którego prowadzą wewnętrzne schody stalowe. Otwór z nadprożem z belki stalowej. Pomieszczenie 2 – otwory okienne na ścianie muru oporowego, łukowe pełne wykonane z cegły ceramicznej. Otwory okienne i drzwiowe od strony budynku dawnego szybu o łuku odcinkowym. Pomieszczenie 3 – pięć otworów okiennych wykonanych z cegły ceramicznej o łukach pełnych wyposażonych w kraty stalowe. Dwa otwory drzwiowe w murze kamiennym, sklepienia otworów łukowe odcinkowe wykonane z cegły ceramicznej. Pomieszczenie 4 – prostokątny otwór drzwiowy prowadzący do pomieszczenia 3 wykonany w murze ceglany.

3.2. Pomieszczenia maszynowni

Pow. zabudowy	- 260 m ²
Pow. użytkowa	(parter i pom. 3 i 4) - 298,3 m ²
Kubatura	- 2880 m ³
Wys. Bud. do kalenicy	- 10 m



3.2.1. Sytuacja

Budynek dawnej maszynowni szybu Prinz Schonaich o zwartej bryle, wolnostojący, jednokondygnacyjny, podpiwniczony, z dachem dwuspadowym o spłaszczonym układzie połaci wzniesiony na planie prostokąta z dłuższymi bokami leżącymi na osi odpowiadającej w przybliżeniu kierunkowi wschód-zachód. Usytuowany w środkowej części zespołu, w sąsiedztwie budynków magazynu i maszynowni szybu Carnall, znajdujących się odpowiednio po wschodniej i północnej jego stronie, na terenie Kopalni "Królów Luiza".

3.2.2. Konstrukcja

Konstrukcja budynku tradycyjna, murowana z cegły ceramicznej na zaprawie wapienno-cementowej, ściany otynkowane tynkiem wapienno-cementowym. Więźba dachowa drewniana (krokwiowo-stolcowa), dach pokryty blachą korytkową. Fundamenty budynku - ze względu na brak możliwości dostępu do fundamentów oraz z braku materiałów archiwalnych nie można określić materiału wraz z głębokością posadowienia fundamentu budynku. Prawdopodobnie jest to mur fundamentowy kamienno – ceglany.

3.2.3. Elewacje

Elewacja północna pierwotnie symetryczna, jednokondygnacyjna, pięcioosiowa, podzielona lizenami pomiędzy osiami, połączonymi w górze płaskim, szerokim pasem muru. Pomiędzy lizenami płytko cofnięte kwadratowe pola. W osiach (w polach) występują otwory okienne ułożone w pary. Aktualnie otwory osi skrajnych zamurowane zaś w wypełnieniu pola drugiej osi wsch. Duży otwór bramny. Elewacja południowa analogiczna w rozwiązaniu do elewacji północnej przy zachowaniu pierwotnego układu otworów okiennych, parami w osiach. Elewacja wschodnia pozbawiona otworów, symetryczna, podzielona lizenami z wyodrębnieniem pól w częściach skrajnych. Zamknięcia pól odpowiadają linii zgodnej z profilem załamania połaci dachowych. Elewacja zachodnia pozbawiona otworów, symetryczna, podzielona lizenami z wyodrębnieniem pól w częściach skrajnych oraz środkowej. Zamknięcia pól odpowiadają linii zgodnej z profilem załamania połaci dachowych. Otwory okienne zamknięte łukiem pełnym ze ślusarką trójdzielną,

wielopoziomową, występujące kraty w oknach. Otwory bramne prostokątne, ze ślusarką dwuskrzydłową, pełną wykonaną współcześnie.

3.2.4. Wnętrze

Wnętrze budynku - jednoprzestrzenne, pozbawione wyposażenia (maszyna parowa produkcji Reuss Bergwerks Hottenamt Gleiwitz) z antresolą dobudowaną współcześnie przy zachodniej ścianie budynku. Posadzki we wnętrzu wykonane z wylewki cementowej.

4. Stan techniczny przedmiotowych obiektów.

4.1. Strop maszynowni

Stan techniczny stalowo betonowego strop maszynowni dostateczny. Belki stalowe stropu ze względu na wilgoć mocno skorodowane. Płyta betonowa stropu ze względu na agresję środowiskową utraciła odczyn pH (dla zdrowego betonu pH waha się około 13). Spowodowało to degradację wiązań krystalicznych, spadek wytrzymałości betonu oraz korozję zbrojenia. Strop po wykonaniu prac naprawczych może być dalej eksploatowany z jednoczesnym ograniczeniem dopuszczalnego obciążenia.



Rysunek 6 Dół stropu maszynowni - widoczne liczne ubytki

4.2. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami

Stan techniczny muru oporowego zły. Liczne wtórne zmiany konstrukcyjne wpłynęły na osłabienie konstrukcji muru. Dodatkowo niekorzystnie na statykę muru wpływa dodatkowe obciążenie wynikające z zasypania przyległych pomieszczeń. Stara część konstrukcji ze względu na gorszą jakość materiału oraz korozję uległa mocnej degradacji mechanicznej. Część kamiennego muru znajdująca się przy kładce dla pieszych uległa całkowitemu rozpadowi. Podczas prac zalecono wykonanie konstrukcji ziemnej niwelującą napór naziomu na mur oporowy. Dalsze prace wymagają naprawy uszkodzonego muru oporowego.

Dalsze pomieszczenia w bardzo złym stanie, część podpór stropu łukowego uległo zniszczeniu. Pomieszczenia te należy zabezpieczyć przed dostępem osób trzecich.



Rysunek 7 Uszkodzony mur wspierający łuk ceglany



Rysunek 8 Widok ubytku w uszkodzonym murze

5. Rys historyczny

Historia zarówno muru oporowego jak i pomieszczeń zagłębionych w gruncie opisana jest w odrębnym tomie opracowania pn. „INWENTARYZACJA BUDOWLANA MURU OPOROWEGO WZDŁUŻ PÓŁNOCNEJ NIECKI ORAZ PRZYLEGŁYCH POMIESZCZEŃ ZAGŁĘBIONYCH W GRUNCIE”, wykonanej w ramach tego samego zamówienia pt: „Wykonanie badania architektonicznego wraz z inwentaryzacją budowlaną oraz ekspertyzą stanu technicznego dotyczącego remontu i renowacji murów oporowych na terenie Kopalni Królowa Luiza”.

6. Badania materiałowe

6.1. Wpływy środowiskowe oddziałujące na konstrukcję.



Omawiany mur jako obiekt nieosłonięty poddany jest zjawisku starzenia się materiału pod wpływem długotrwałego działania otaczającego środowiska w związku z działaniem zjawisk klimatycznych, a więc powtarzających się okresowo zmian wilgotności względnej otaczającego powietrza, zmian temperatury, bezpośredniego działania promieni słonecznych, wiatru, opadów atmosferycznych w postaci deszczu i śniegu.

Na całej długości muru widoczna jest o zróżnicowanym stopniu techniczna dekapitalizacja: liczne ubytki, rozwarstwienia, pęknięcia pionowe, korozja cegieł i zaprawy. Proces starzenia się budowli murowanych to naturalny bieg rzeczy, który trudny jest do zahamowania. Oprócz zjawiska starzenia się występuje jeszcze proces rozkładu chemicznego materiału oraz zniszczenia wywołane działaniem czynników mechanicznych. Szkodliwe działanie czynników fizycznych, chemicznych i mechanicznych przyspieszają również ujemne cechy materiałów (cegła, zaprawa), wady konstrukcyjne (płytkie posadowienie fundamentów na nasypach), warunki użytkowania (brak bieżącej konserwacji, napraw i remontów).

Ogólny stan konstrukcji należy określić jako zły, lokalnie bardzo zły zagrażający bezpieczeństwu. Przyczyn takiego stanu jest wiele: wiek, wilgoć, wieloletnie zaniedbania w zakresie konserwacji i bieżących remontów, brak właściwego zagospodarowania terenu zarówno na skarpie jak u jej podnóża oraz naprawy i próby stabilizacji konstrukcji.

Widoczny proces niszczenia muru przebiega w różnym tempie w różnych partiach budowli. Może to być rezultatem wznoszenia poszczególnych odcinków różnym czasie lub też efektem szybszego niszczenia nie konserwowanych odcinków, lepiej zachowana jest cegła maszynowa XX – wieczna, cegła ręczna w części historycznej muru posiada strukturę osłabioną, spoiny wypłukane i wykruszone, cegła skorodowana, mur posiada liczne ubytki. W części historycznej widoczne są liczne przemurowania cegłą współczesną maszynową.

Nakrywy betonowe na koronie murów również są w stanie niezadawalającym, mur na swojej długości posiada liczne pęknięcia i zarysowania.



Rysunek 9 Widok betonowego wieńca z pozostałą konstrukcją stalową

Całkowite powstrzymanie procesu niszczenia muru jest niemożliwe, ale przez podjęcie właściwych działań można osiągnąć zwolnienie ich tempa. Problem jednak nie zniknie nawet po wykonaniu odpowiednich prac zabezpieczających. Próby trwalszego zabezpieczenia muru muszą prowadzić nieuchronnie do jego „rekonstrukcji” na części jego fragmentów. Ze względu na małą sztywność konstrukcji wynikająca zarówno z oryginalnej geometrii jak i niskiej jakości, mur wielokrotnie ulegał awariom i był naprawiany.

Woda we wszystkich jej postaciach: pary, cieczy i lodu przy braku właściwego zabezpieczenia muru, braku bieżącej konserwacji i braku wymaganych okresowych remontów, spowodowała poważne zniszczenia w następstwie przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Szkodliwe działanie wody, które pochodzi z opadów atmosferycznych i gruntu, powoduje pęcznienie, nasiąkanie a przez zamarzanie powoduje pękanie i kruszenie zaprawy i cegły.

Wilgoć w murze, to zjawisko wywołane wskutek:

- absorpcji wilgoci zawartej w powietrzu,
- przenikania pary wodnej w pory i szczeliny i skraplania się jej wewnątrz konstrukcji i na jej powierzchni,
- zamakania powierzchniowego podczas opadów atmosferycznych (zniszczone nakrywy, brak odwodnienia skarpy w poziomie korony muru, brak powierzchniowego zabezpieczenia muru, niedrożne otwory „wysiękowe” w murze, niektóre partie muru nie posiadają otworów odwadniających),



— kapilarnego podciągania wody z podłoża (brak izolacji przeciwwilgociowych)

Podczas prowadzenia odkrywek nie stwierdzono żadnych izolacji przeciwwilgociowych muru i fundamentów.

W czasie zamarzania woda, zmieniając się w lód, powiększa swoją objętość o około 9%, przez co wywołuje znaczny wzrost ciśnienia na otaczający materiał. Już przy spadku temperatury do 0°C ciśnienie na ściankę materiału wynosi ok. 100 kG/cm², przy -10°C ciśnienie wzrasta do 1139 kG/cm², a przy -20°C do 2050 kG/cm². W wyniku tego zjawiska powstały w materiale ściennym nadmierne odkształcenia, które spowodowały znaczne zniszczenia substancji muru, takie jak: naruszenie spójności i zwięzłości struktury, przesunięcia i spękania cegieł, oddzielenia się warstw.

Mur poddawany jest również procesowi wietrzenia, powodowany przez zmianę temperatur tworzących spękania, które powiększane są przez wodę i działanie ssące lub uderzające wiatru.

Działanie fizyczne czynników atmosferycznych w normalnych warunkach i otoczeniu jest powolne, natomiast w przypadku wieloletnich zaniedbań konserwacyjnych spowodowały znaczny stopień zniszczenia muru.

6.1.1. Wpływ wykonawstwa na konstrukcję.

Mur oporowy nie posiada izolacji przeciwwilgociowej pionowej na styku murów z gruntem. Lokalnie płytkie posadowienie fundamentów (być może, że płytsze posadowienie nastąpiło w wyniku późniejszego ścięcia warstw terenu przy murze). Do szybkiej degradacji części muru przyczyniły się XX-wieczne naprawy i uzupełnienia z użyciem zaprawy cementowej.

Uzupełnienia nowymi materiałami doprowadziły do lokalnych zmian sztywności oraz zaburzenia naturalnego transportu wilgoci w murze. Te typowe błędy spowodowały lokalne zarysowanie muru, wysolenia i ubytki cegieł.

Ze względu na małą sztywność konstrukcji wynikająca zarówno z oryginalnej geometrii jak i niskiej jakości mur wielokrotnie ulegał awariom i był naprawiany.

6.2. Cel i opis przeprowadzonych badań

6.2.1. Badanie zobojętnienia betonu

Bezpośrednio po wykonaniu pobraniu rdzeni z konstrukcji wszystkie próbki niezwłocznie po odsłonięciu nanoszono na powierzchnię próbki roztwór fenoloftaleiny (1 g fenoloftaleiny rozpuszczony w 70 g alkoholu etylowego i 30 g wody destylowanej). Zmianę barwy betonu na fioletową po 30 sekundach od naniesienia roztworu dokumentowano fotografią. Następnie przeprowadzono analizę głębokości pełnej neutralizacji betonu z dokładnością do 1 mm.

Kolor fioletowy wskazuje na beton, którego pH jest wyższe od 9, co w przybliżeniu pokazuje granicę betonu zapewniającego ochronę zbrojenia. Z badań wynika że beton będący na głębokości otuliny został całkowicie zneutralizowany co oznacza, że nie zapewnia dostatecznej ochrony przyległych elementów stalowych. Oznacza to, że beton niezabarwiony na fioletowo jest betonem silnie zobojętnionym, którego wewnętrzna struktura może ulegać stopniowej destrukcji co doprowadza do spadku nośności.

6.2.2. Badanie młotkiem Schmidta

Sklerometr SCHMIDTA jest to sprężynowy bijak stalowy, który po zwolnieniu sprężyny uderza w stalowy, ruchomy trzpień przyłożony do powierzchni betonu. Odległość odbicia stalowego bijaka od stalowego trzpienia jest mierzona za pomocą liniowej skali przymocowanej do obudowy urządzenia. Miara wielkości sprężystego odskoku, odczytaną na skali sklerometru, jest wartość liczby odbicia oznaczana jako „L”.

Skala na urządzeniu posiada zakres $10 \div 100$. Liczba „L” jest bezwymiarowa. Wytrzymałość betonu na ściskanie jest aproksymowana wielomianem drugiego stopnia w postaci $f_c = a \cdot L^2 + b \cdot L + c$, w którym wartości współczynników określone są na podstawie badań skalujących. Młotek jest przeznaczony do badania betonu zwykłego w przedziale wytrzymałości od 5.0 MPa do 60.0 MPa (10.0 MPa do 70.0 MPa).



Rysunek 10 Zestaw do badań sklerometrycznych

Przed przystąpieniem do badań przygotowano miejsca wykonania pomiaru. Wybrano 6 miejsc pomiarowych oznaczonych na rzucie w każdym z miejsc wykonano 6 powtórzeń. Każde z mierzonych miejsc jest pozbawione rakowin, spękań objawów korozyjnych betonu grubego kruszywa oraz zawilgoceń. Powierzchnię przed badaniem wyszlifowano i odpylono. Wyniki zestawiono w tabeli.

6.2.3. Badanie wytrzymałości elementów murowych

W opracowaniu przeprowadzono ocenę wytrzymałości muru na ściskanie wykorzystując normę UIC.

W celu przeprowadzenia badań pobrano 6 rdzeni z istniejącej konstrukcji. 3 rdzenie wycięto ze starszej części konstrukcji, 3 z części nowej (słupy murowane). Oznaczenie próbek zgodnie z rys. gdzie cyfra arabska oznacza miejsce pobrania rdzenia, a cyfra rzymska kolejność próbki od zewnętrznego lica ściany. Wszystkie miejsca

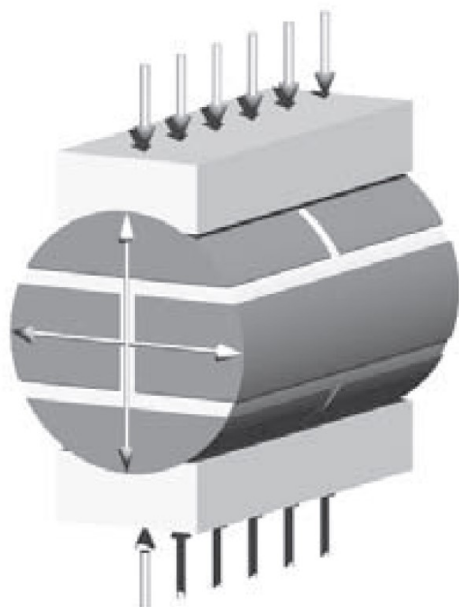


pobrania rdzeni oznaczono na rzucie konstrukcji. Z każdego rdzenia wykonano 1-3 próbek o średnicy 125 mm i długości 125 mm otrzymując walec o stosunku średnicy do długości 1:1. Powierzchnię pobocznicy wyrównano papierem ściernym.



Rysunek 11 Pobrane rdzenie z oznaczeniem próbek do badań wytrzymałościowych

Przygotowane próbki zostały obciążone siłą niszczącą prostopadle do pobocznicy, za pomocą specjalnych przekładek stalowych dopasowanych do pobocznicy próbki oraz podkładek z pilśni twardej (przekładki pilśniowe zostały użyte w celu uniknięcia koncentracji naprężeń w konstrukcji. Stalowe podkładki obciążają 1/6 długości pobocznicy. Próbki zostały umieszczone w maszynie wytrzymałościowej i obciążane siłą o przyroście 5kN/s. Siła niszcząca uzyskana podczas każdego z badań zestawiono w tabeli.



Rysunek 12 Po lewej – sposób ściskania próbki pobranej z konstrukcji, po prawej – widok badań niszczących.

7. Wyniki badań materiałowych

7.1.1. Badanie młotkiem Schmdta

Tabela 1 Wyniki badań skleromeyrycznych

L.p	1	2	3	4	5	6
Oznaczenie wg. rys	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Odczyt. 1	12	18	14	12	14	10
Odczyt. 2	10	16	18	10	16	14
Odczyt. 3	16	12	16	12	10	16
Odczyt. 4	18	14	14	18	12	20
Odczyt. 5	16	14	12	18	18	16

Odczyt. 6	14	16	18	18	18	18
Odchylenie standardowe s	2,69	1,91	2,21	3,40	2,98	3,14
Wytrzymałość betonu	10	12	12	10	10	11

Wytrzymałość obliczono ze wzoru:

$$f_{c,cube} = f_{c} - 1,5 \cdot s$$

Z powyższej tabeli wynika, że klasa betonu wynosi **C8/10**.

7.1.2. Badanie wytrzymałości elementów murowych

Próbki 1, 4 oraz 6 zostały pobrane z nowszej części konstrukcji, analogicznie próbki 2, 3 i 5 ze starszej części.

Tabela 2 Wyniki badań skleromeyrycznych

Numer próbki	1	2	3	4	5	6
Warstwa I	108,0	79,5	75,4	108,9	54,1	141,9
Warstwa II	104,7	58,2	-	-	76,6	145,7
Warstwa III	-	-	-	-	65,7	232,4
Średnia wytrzymałość char. muru	6,81	4,41	4,83	6,97	4,19	11,10
Odchylenie standardowe s	0,14	0,968	0	0	0,72	3,27
Przyjęta wytr. char. muru	6,58	2,96	4,83	6,97	3,11	6,18

Obliczenie prowadzono wg wytycznych normy UIC. Jako końcową wartość wytrzymałości muru przyjęto dla starszych elementów konstrukcyjnych **3,0 Mpa**, dla elementów nowszych **6,1 Mpa**.

8. Obliczenia statyczne

8.1. Metody obliczeniowe



Metody obliczeniowe możliwe do wykorzystania dla szacowania nośności konstrukcji murowych.

- **Metody obliczeniowe historyczne**

Brak jest dokładnych danych, na temat metodologii obliczeń konstrukcji murowych sprzed roku 1800, pewne wytyczne można znaleźć w dziele Witruwiusza „De architectura libri Decem”, natomiast z dzieł późniejszych (po roku 1800) mamy metodologię raczej opierającą się na tradycji i pewnych wskazówkach, nie zaś na konkretnych wzorach opisujących nośność, a jeżeli już występowały wzory, to opisywały zasady wznoszenia odnosząc się jedynie do **geometrii ścian murowych**.

- **„Początki architektury tom II” Karol Podczaszyński 1829 r.**

W jednym z pierwszych dzieł traktujących o architekturze tj. „Początki architektury tom II” Karola Podczaszyńskiego z roku 1829 można znaleźć następujące informacje dotyczące poprawnego wznoszenia murów. Wnioski i wytyczne odnośnie wznoszenia ścian oparte są na doświadczeniach badaczy zagranicznych.

Autor dokonał podziału murów na cztery podstawowe rodzaje (pisownia oryginalna):

- ściany zagrodowe, służące do zamknięcia i opasania placu; te pospolicie pod swoim własnym stoją ciężarem,
- ściany podwałowe, przeznaczone są wytrzymywać parcie ziemnego nasypu, albo parcie wezbraney za mieni wody,
- ściany naczelne, to jest, ściany zewnętrzne budowli, na których dach, sklepienia i stropy całym swoim polegają ciężarem,
- ściany przedziałowe, to jest: ściany wewnętrzne, dzielące przestrzeń budowli na części mniejsze.

Dla każdego z wymienionych rodzajów daje następujące wskazówki

Ściany podwałowe (oporowe): - **dotyczy niniejszego opracowania**

- siła wypadkowa wypada w trzeciej części wysokości,
- stosunek tarcia do ciśnienia w gruntach spoistych 1:2, zaś w gruntach sypkich 2:5,
- ubicie gruntu spoistego zmniejsza parcie o 2/3,



- **„Przewodnik dla mularzy” Władysław Hirszel 1876 r.**

W opracowaniu tym brak jest wzorów opisujących nośność konstrukcji murowych (ceglanych i kamiennych) we współczesnym rozumieniu tego słowa. Praca ta również odwołuje się do badań zagranicznych.

Podane są następujące wytyczne geometryczne:

– grubości murów poszczególnych rodzajów mają się do siebie cegła : kamień foremny : kamień nieforemny : kamień dziki (ciosy): 8 : 10 : 15 : 5(6)

- **„Podręcznik budowniczego” Konstanty Haller 1924 r.**

W kolejnej pozycji literaturowej odwołującej się do badań zagranicznych z których wywiedziono wzory dotyczące parametrów geometrycznych murów.

- **„Budownictwo” inż. Dionizy Krzyczkowski (1929)**

Ten bardzo popularny przed wojną podręcznik również odwołuje się do badań i wytycznych opracowanych przez Rondelet’a i Rettenbacher’a podając identyczne wytyczne odnośnie stosowanych grubości murów.

Z analizy dzieł technicznych do roku 1939 można wnioskować o doskonałej znajomości techniki i wiedzy technicznej zaimportowanej z krajów o wyższym poziomie kształcenia technicznego, głównie z Francji. Wiedza ta dotyczyła jednak jedynie prawideł geometrycznych wznoszenia konstrukcji murowych lub kamiennych.

Brak jest wzorów teoretycznych opisujących nośność konstrukcji w rozumieniu współczesnych wymagań.

Wzory stosowane do opisywania poprawnie wykonanych konstrukcji murowych lub kamiennych miały charakter głównie opisowy i skupiały się na wytycznych geometrycznych, głównie odnośnie grubości, lub grubości w powiązaniu z wysokością oraz długością muru i stopniem swobody zwieńczenia.

Wszystkie omówione powyżej przypadki skupiają się jedynie na wyliczeniu poprawnej grubości muru z zależności geometrycznych.

Jak widać nie ma jednej normy, którą można by zastosować do szacunkowych obliczeń nośności zabytkowych konstrukcji murowych ceglanych. Ponadto wzory zawarte w

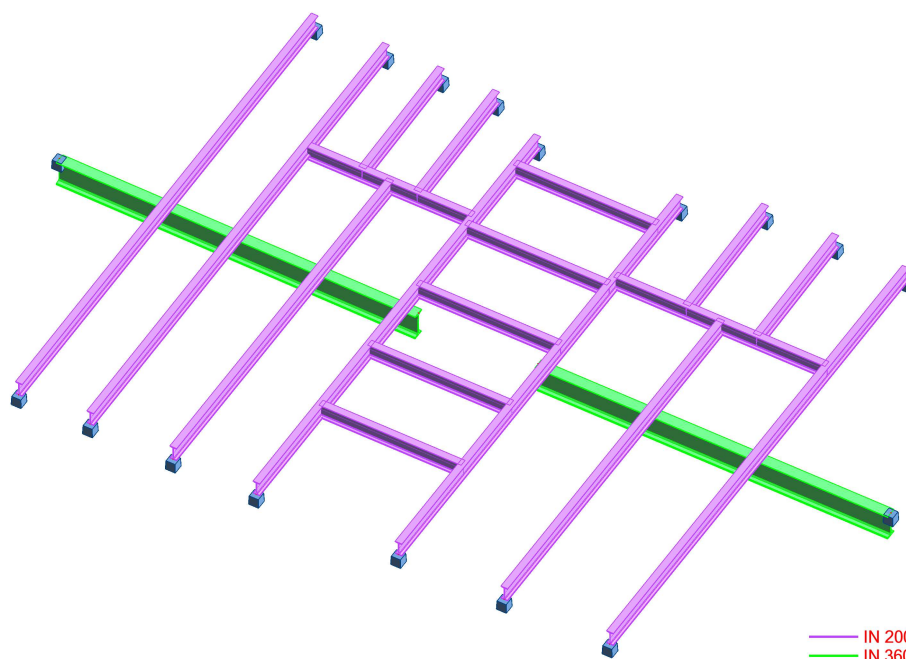
większości norm odnoszą się do elementów drobnowymiarowych, równych i ułożonych w murze z zachowaniem wszystkich zasad prawidłowego wiązania.

Ze względów oczywistych zatem **nie ma możliwości bezpośredniego stosowania względem konstrukcji murowych historycznych, wzorów opisujących nośność lub wytrzymałość murów na ściskanie dla teorii konstrukcji murowych zawartych zarówno w aktualnie obowiązujących jak i poprzednich normach dotyczących konstrukcji murowych.**

8.2. Strop maszynowni

8.2.1. Zestawienia obciążeń

Zestawienie obciążeń wykonano wg normy, obciążenia charakterystyczne przyjęte do obliczeń zestawiono w poniższych tabelach. Wszystkie współczynniki bezpieczeństwa zostały uwzględnione w programie obliczeniowym. Ciężar własny rusztu stalowego uwzględniono w programie obliczeniowym.



Rysunek 13 Model rusztu stalowego nad maszynownią

Tabela 3 Zestawienie obciążeń stałych

LP	WYSZCZEGÓLNIENIE	OBC.NA 1m ²
1	Ciężar własny stropu 0,19m x 22 kN/m ³	4 kN/m ²
		4 kN/m ²

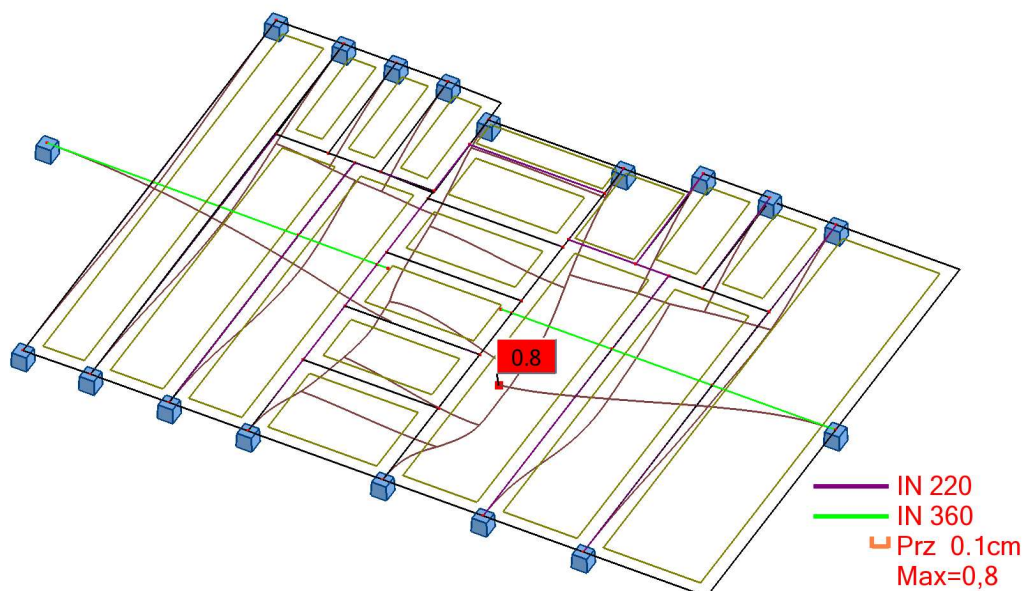
Tabela 4 Zestawienie obciążeń zmiennych

LP	WYSZCZEGÓLNIENIE	OBC.NA 1m ²
1	Obciążenie magazynowe	2,0 kN/m ²
		2,0 kN/m ²

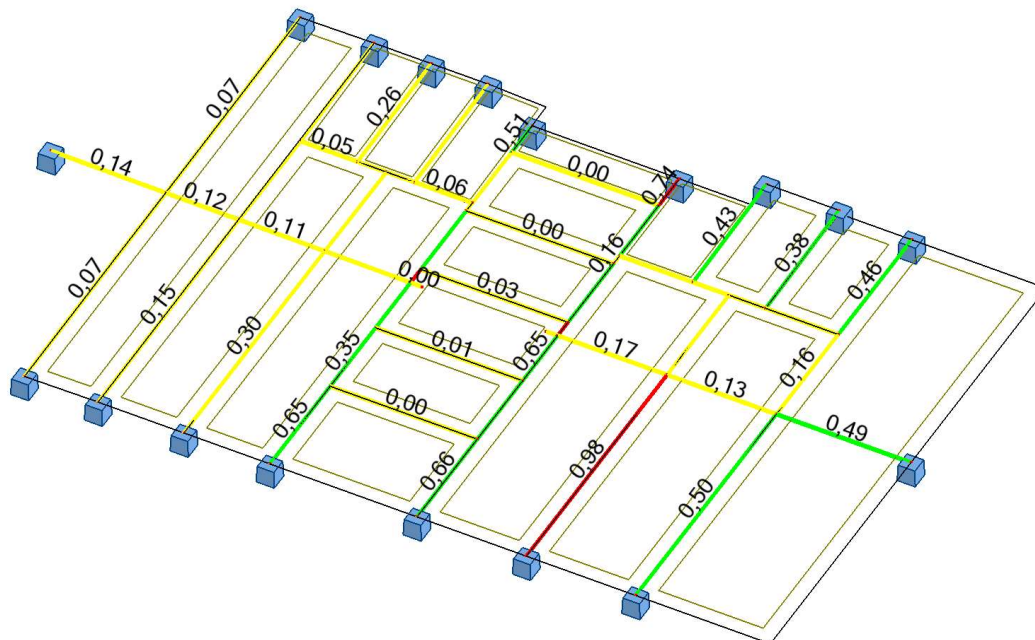
Dodatkowo obciążono ściany zewnętrzne obciążeniem od napierającego gruntu.

8.2.2. Obliczenia statyczne

Obliczenia statyczne przeprowadzono w programie obliczeniowym wykorzystującym do analizy Metodę Elementów Skończonych. Wykorzystano również automatyczne wymiarowanie przekrojów oraz potwierdzono ich poprawność obliczeniami ręcznymi. Przekroje przyjęto jako utwierdzone w murze. Siły przekazywane poprzez panele umieszczone między belkami.



Przypadki: 6 (SGU) Składowa 1/2



Przypadki: 1 (STA1)

Rysunek 14 Maksymalne ugięcia otrzymane z kombinacji obciążeń oraz wyężenie przekrojów stalowych

8.3. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami

8.3.1. Zestawienia obciążeń

Zestawienie obciążeń wykonano wg normy, obciążenia charakterystyczne przyjęte do obliczeń zestawiono w poniższych tabelach. Wszystkie współczynniki bezpieczeństwa zostały uwzględnione w programie obliczeniowym

Tabela 5 Zestawienie obciążeń stałych

LP	WYSZCZEGÓLNIENIE	OBC.NA 1m ²
1	Ciężar własny płyty betonowej 0,2m x 25 kN/m ³	5,0 kN/m ²
2	Grunt rodzimy 0,5 m x 18 kN/m ³	9,0 kN/m ²
	Suma	14,0 kN/m ²

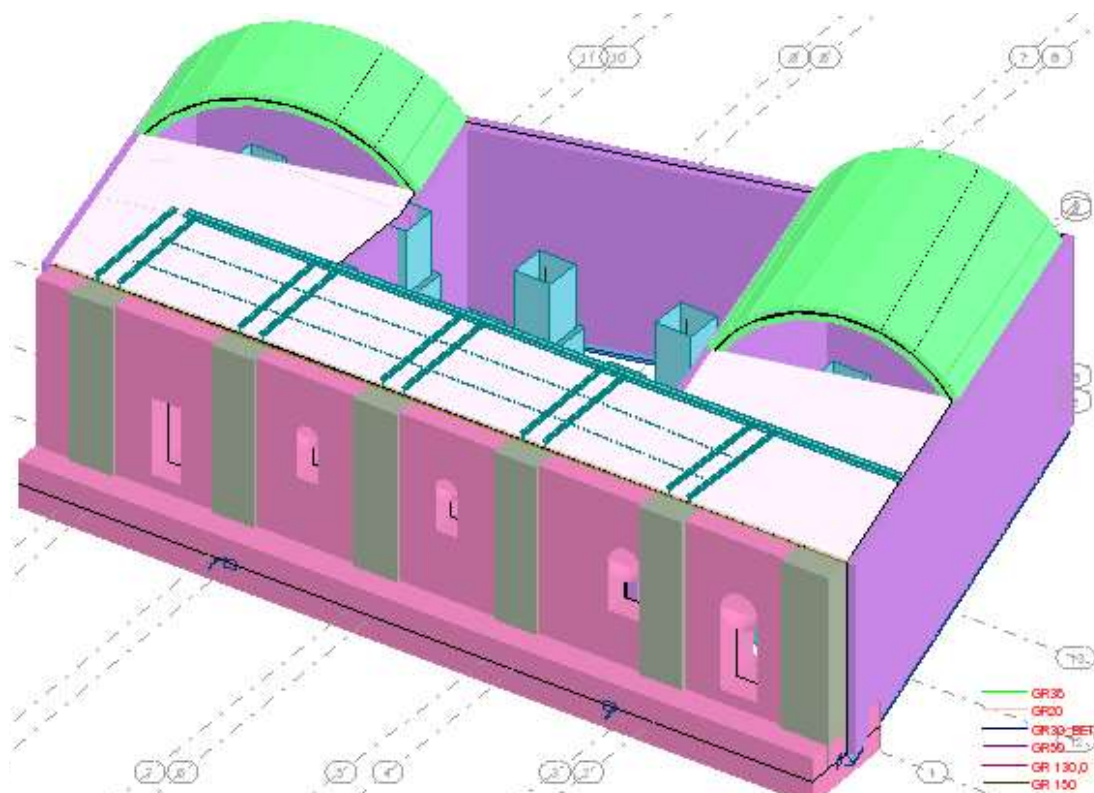
Tabela 6 Zestawienie obciążeń zmiennych

LP	WYSZCZEGÓLNIENIE	OBC.NA 1m ²
1	Obc. śniegiem dla Zabrze	0.72 kN/m ²
	Suma	0,72 kN/m ²

Dodatkowo obciążono ściany zewnętrzne obciążeniem od napierającego gruntu.

8.3.2. Obliczenia statyczne

Obliczenia statyczne przeprowadzono w programie obliczeniowym wykorzystującym do analizy Metodę Elementów Skończonych. Wykorzystano również automatyczne wymiarowanie przekrojów oraz sprawdzono ich poprawność.



Rysunek 15 Widok modelu części muru oporowego wraz z przyległymi pomieszczeniami.

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący	M _{res}	398,25	kNm/m
Moment obracający	M _{ovr}	233,78	kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,70 > 1,50

Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

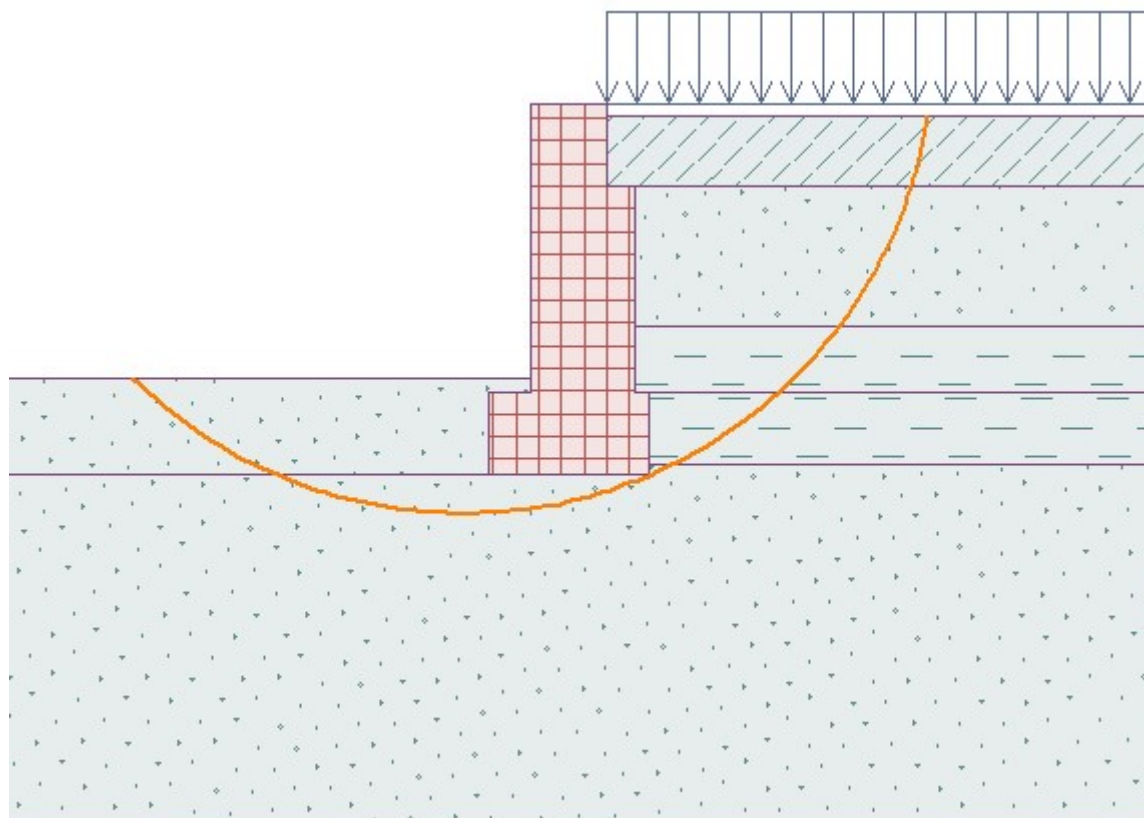
Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca	H _{res}	162,35	kN/m
Siła pozioma przesuwająca	H _{act}	124,16	kN/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,31 < 1,50

Przesuw - ściana NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ



Rysunek 17 Obliczenia stateczności skarpy z oznaczoną powierzchnią poślizgu



.Analiza stateczności zbocza (Fellenius / Petterson)

Położenie środka powierzchni poślizgu (od korony muru oporowego) $x = -2,07$ m, $z = 2,06$ m, $R = 6,77$ m

Suma sił aktywnych :	$F_a =$	194,48	kN/m
Suma sił biernych :	$F_p =$	390,72	kN/m
Moment przesuwający :	$M_a =$	1316,62	kNm/m
Moment utrzymujący :	$M_p =$	2645,20	kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = $2,01 > 1,50$

Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA

9. Wnioski

Omawiany mur jako obiekt nieosłonięty poddany jest zjawisku starzenia się materiału pod wpływem długotrwałego działania otaczającego środowiska w związku z działaniem zjawisk klimatycznych, a więc powtarzających się okresowo zmian wilgotności względnej otaczającego powietrza, zmian temperatury, bezpośredniego działania promieni słonecznych, wiatru, opadów atmosferycznych w postaci deszczu i śniegu.

Proces starzenia się budowli murowanych to naturalny bieg rzeczy, który trudny jest do zahamowania.

Szkodliwe działanie czynników fizycznych, chemicznych i mechanicznych przyspieszyły również ujemne cechy materiałów (cegła, zaprawa), wady konstrukcyjne (posadowienie fundamentów, wiązanie cegieł) warunki użytkowania (brak bieżącej konserwacji i remontów).

W analizie objawów i skutków działania różnych czynników niszczących nie można pominąć też czasookresu istnienia muru.

Ogólny stan konstrukcji należy określić jako zły, lokalnie bardzo zły. Przyczyn takiego stanu jest wiele: wiek, wilgoć, wieloletnie zaniedbania w zakresie konserwacji i bieżących remontów, brak właściwego zagospodarowania terenu zarówno na skarpie jak u jej podnóża oraz naprawy i próby stabilizacji konstrukcji.



Widoczny proces niszczenia muru przebiega w różnym tempie w różnych partiach budowli. Może to być rezultatem wznoszenia poszczególnych odcinków w różnym czasie lub też efektem szybszego niszczenia nie konserwowanych odcinków.

Całkowite powstrzymanie procesu niszczenia muru jest niemożliwe, ale przez podjęcie właściwych działań można osiągnąć zwolnienie ich tempa. Problem jednak nie zniknie nawet po wykonaniu odpowiednich prac zabezpieczających.

Próby trwalszego zabezpieczenia muru muszą prowadzić nieuchronnie do jego „rekonstrukcji” a przynajmniej części jego fragmentów.

Do szybszej degradacji części muru przyczyniły się XX-wieczne naprawy i uzupełnienia z użyciem współczesnych cegieł na mocnej zaprawie cementowej.

Uzupełnienia nowymi materiałami doprowadziły do lokalnych zmian sztywności oraz zaburzenia naturalnego dla zabytkowego muru transportu wilgoci. Te typowe błędy spowodowały lokalne zarysowanie muru, pęknięcia, wysolenia i ubytki cegieł.

Ze względu na małą sztywność konstrukcji wynikająca zarówno z oryginalnej geometrii jak i niskiej jakości, mur wielokrotnie ulegał awariom i był naprawiany.

Do spoinowania i uzupełnienia braków, wykorzystywano zaprawę cementową cementowo-wapienną.

Zaprawa powinna być bardziej przepuszczalna niż spajane przez nią elementy murowe. Spełnienie tych warunków powoduje zadziałanie naturalnego mechanizmu odciągania wilgoci przez zaprawę i wydalenie jej na zewnątrz muru, zapobiega to powstawaniu wykwitów solnych na powierzchni licowej elementów murowych, zaprawa spełnia wówczas rolę „sączka”.

10. Zalecenia

10.1. Strop maszynowni

- Obciążenie stropu ograniczyć do **2 kN/m²**
- Istniejącą konstrukcję stalową oczyścić (poprzez piaskowanie) i zabezpieczyć antykorozyjnie.



- Płytę betonową piaskować oraz pokryć warstwą zaprawy zawierającą inhibitory korozji.
- Całą konstrukcję zabezpieczyć uwzględniając wymagania ppoż. Zawarte w Warunkach Technicznych

10.2. Mur oporowy wraz z przyległymi pomieszczeniami

- Odciążyć górny poziom muru oporowego w odległości 5 m od krawędzi muru oporowego.
- Strop łukowy w uszkodzonym pomieszczeniu zawalonego pomieszczenia odciążyć i wykonać tymczasowe podparcie łuku. Nie należy usuwać gruntu przenoszącego siły rozporu łuku przed wykonaniem podparć.
- W części gdzie mur oporowy jest w bezpośrednim kontakcie z gruntem należy wykonać sączi w ilości minimum 1 szt na pole, umiejscowiony 50 cm nad terenem.
- Zabezpieczyć mur oporowy środkami impregnującymi
- Wykonać wieniec żelbetowy na zwieńczeniu muru oporowego i zakotwić w/w wieniec w gruncie naziomu tak aby wieniec mógł przenieść minimum obciążenie 20 kN/mb
- Usunąć nasyp niebudowlany obciążający mur oporowy z zagruzowanych pomieszczeń.
- Wykonać izolacje poziome i pionowe konstrukcji obiektu.
- Poprawić wentylację pomieszczeń celem osuszenia konstrukcji.
- Zniszczoną część muru oporowego należy odciążyć, usunąć naziom w górnej części i odbudować zniszczoną część muru. Przed wykonaniem napraw nie ma możliwości usunięcia bryły dociskowej z gruntu wykonanej przed murem oporowym.

10.3. Mur oporowy z cegły silikatowej

- Odciążyć górny poziom muru oporowego w odległości 5 m od krawędzi muru oporowego.
- Odciążyć mur oporowy - usunąć do czasu wzmocnienia warstwę o grubości 1m od korony muru oporowego.



- Zabezpieczyć mur oporowy na przesuw
- wykonać wieniec na koronie muru przenoszącego minimum siłę poziomą 20kN/m muru

10.4. Inne uwagi

- Wykonać wzmocnienia balustrad na murze oporowym
- Dostosować ciągi komunikacyjne do funkcji pomieszczeń.
- **Należy zlecić wykonanie dokładnych badań geotechnicznych oraz wykonanie dokumentacji wzmocnienia i naprawy muru oporowego.**