

dr inż. Stanisław Karczmarczyk  
mobil +48 603 642 650  
mailto: [skarczmarczyk1@poczta.onet.pl](mailto:skarczmarczyk1@poczta.onet.pl)

dr inż. Wiesław Bereza  
mobil +48 501 580 345  
mailto: [wieslaw.bereza@oepk.pl](mailto:wieslaw.bereza@oepk.pl)

## **K B - PROJEKTY KONSTRUKCYJNE**

spółka z ograniczoną odpowiedzialnością  
30-010 Kraków, ul. Łokietka 8C/70

tel. +48 (12) 4310449, fax. +48 (12) 6319089

NIP 945-208-10-59

---

# EKSPERTYZA STANU TECHNICZNEGO

Dotycząca oceny konstrukcji stalowej wrót, mechanizmów jezdnych oraz fundamentów szyn jezdnych wrót zabytkowego hangaru lotniczego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie

branża: konstrukcja

Zleceniodawca: Muzeum Inżynierii Miejskiej  
ul. św. Wawrzyńca 15  
31-060 Kraków

Obiekt: Wrota oraz fasada północna zabytkowego hangaru lotniczego przy ul. I. Stella Sawickiego w Krakowie

Autorzy opracowania: dr inż. Stanisław Karczmarczyk  
upr nr ewid. 224/69

mgr inż. Mirosław Bielecki  
upr nr ewid. MAP/0071/POOK/11

Kraków, styczeń 2017

## **SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA:**

<b>1.</b>	<b>Przedmiot, cel i zakres opracowania .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Podstawy opracowania .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Opis warunków gruntowych .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Ogólny opis elewacji północnej budynku hangaru oraz elementów wrót .....</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>Opis i ocena stanu zachowania umownie wyodrębnionych elementów konstrukcyjno -budowlanych.....</b>	<b>8</b>
<b>5.1.</b>	<b>Okladziny wrót stalowych .....</b>	<b>8</b>
<b>5.2.</b>	<b>Elementy konstrukcji segmentu wrót .....</b>	<b>9</b>
<b>5.3.</b>	<b>Elementy konstrukcji prowadnic i szyn wrót.....</b>	<b>10</b>
<b>5.4.</b>	<b>Fundamenty wrót.....</b>	<b>10</b>
<b>5.5.</b>	<b>Elementy mechanizmów wrót i pomieszczeń kieszeni. ....</b>	<b>11</b>
<b>6.</b>	<b>Wnioski i zalecenia.....</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe.....</b>	<b>13</b>
<b>7.1.</b>	<b>Zestawienie obciążeń .....</b>	<b>13</b>
<b>7.2.</b>	<b>Ramy segmentów wrót stalowych.....</b>	<b>15</b>

## 1. Przedmiot, cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest ocena stanu technicznego konstrukcji stalowej drzwi, mechanizmów jezdnych oraz fundamentów i podbudowy szyn jezdnych wrót zabytkowego hangaru lotniczego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie. Ocena obejmuje analizę ich nośności, pod kątem możliwości wykorzystania zespołu bramy jako elementów przeznaczonych do renowacji i rekonstrukcji pierwotnych wrót hangaru lotniczego.. Budynek hangaru wraz z odtworzonymi drzwiami miałyby służyć jako obiekty dla potrzeb Muzeum Lotnictwa Polskiego przy al. Jana Pawła II w Krakowie.

Niniejszą ekspertyzę opracowano pod kątem oceny stanu technicznego poszczególnych elementów wrót zabytkowego hangaru oraz możliwości ich wykorzystania jako elementów przeznaczonych do odnowienia oraz renowacji z przywróceniem cech użytkowych łącznie z przywróceniem cech użytkowych. Przedmiotową ocenę dokonano w oparciu przeprowadzone rozpoznanie i badania, oraz w oparciu o udostępnioną dokumentację archiwalną i koncepcję architektoniczną zamierzenia inwestycyjnego. Analizę wykonano zgodnie z obowiązującymi przepisami w zakresie normatywnego poziomu bezpieczeństwa i użyteczności konstrukcji wrót hangaru oraz elementów z nim związanych. W opracowaniu uwzględniono wyniki wstępnych oględzin obiektu, inwentaryzację konstrukcyjną połączoną z analizą odkrywek budowlanych określających rzeczywisty poziom posadowienia oraz warunki posadowienia łąk fundamentowych.

W części opisowej ekspertyzy zawierającej ocenę stanu istniejącego, przeprowadzono ogólną charakterystykę rozpoznanych elementów nośnych wraz z wnioskami i zaleceniami, co do możliwości ich zachowania i renowacji. W dalszej części ekspertyzy konstrukcyjno-budowlanej zamieszczono dokumentację fotograficzną obrazującą stan zachowania poszczególnych elementów wrót hangaru.

## 2. Podstawy opracowania

Podstawę formalną i merytoryczną opracowania stanowią:

- Zlecenie biura ProArchivision Sp. z o. o. z siedzibą w Krakowie przy ul. Kazimierza Wielkiego 58/4 na wykonania ekspertyzy technicznej dotyczącej możliwości konstrukcji stalowej, mechanizmów jezdnych oraz fundamentów szyn jezdnych wrót zabytkowego hangaru lotniczego przy ulicy I. Sella-Sawickiego 41 w Krakowie.
- Materiały archiwalne przekazane przez Zamawiającego dotyczące hangaru.
- Oględziny obiektów przeprowadzone przez autorów opracowania, uzupełnione badaniami elementów budowlano- konstrukcyjnych.
- Pomiary i badania analizowanych elementów układu nośnego wykonane w ramach programu badań przeprowadzonych przez autorów opracowania,
- Obowiązujące normy dotyczące zasad ustalania obciążenia budowli oraz normy projektowania konstrukcji, a w szczególności:
  - PN-EN 1990 Eurokod: „Podstawy projektowania konstrukcji.”
  - PN—EN 1991-1-1:2002 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-1; Oddziaływania ogólne, Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach ,
  - PN-EN 1995-1-1 Część 1-1 Postanowienia ogólne - Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
  - PN-EN 1995-1-2 Część 1-2 Postanowienia ogólne - Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
  - PN-EN 1997-1:2008 Eurocod 7 Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
  - PN-EN 1992-1-1: 2008 Eurocod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- Literatura przedmiotu oraz tablice projektowe:
  - ST. Hajdasz *Sposoby ustalenia zużycia technicznego budynków i budowli*, Promiks, 1991 r,
  - J. Hadyna *Utrzymanie obiektów budowlanych – materiały MOIIB – Kraków*, 2005,
  - F. D. Dmitriew *Katastrofy budowlane Szkice historyczno - techniczne* Budownictwo i Architektura Warszawa 1956,
  - M. Thullie *Podręcznik statyki budowli – Lwów 1902* z archiwalnymi tablicami zawierającymi charakterystyki geometryczne profili stalowych stosowanych w pierwszej połowie XX wieku.

### 3. Opis warunków gruntowych

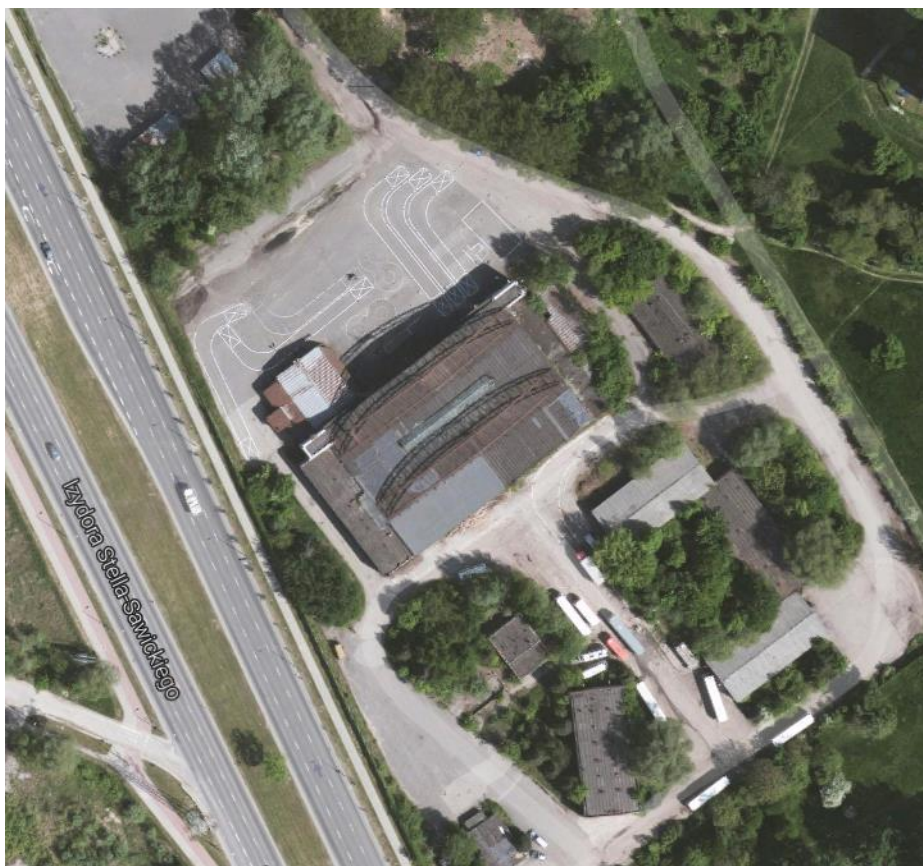
Teren lokalizacji opiniowanych fundamentów pod względem fizycznogeograficznym, leży w zachodniej części mezoregionu Niziny Nadwiślańskiej będącej częścią makroregionu Kotliny Sandomierskiej. Nizina Nadwiślańska składa się z trzech tarasów: tarasu zalewowego, wyższego tarasu piaszczystego oraz tarasu pokrytego lessem. Genetycznie cały obszar związany jest z powstaniem Karpat, tj. z ugięciem przedpola powstających gór oraz nasunięciem płaszczowin karpaccich. W wyniku orogenezy alpejskiej cały obszar (zbudowany z wapieni kredowych i jurajskich) został poddany oddziaływaniom w wyniku, których powstały liczne zręby i rowy tektoniczne. W miocenie cały obszar zalany został przez morze, co doprowadziło do osadzenia się warstwy ilów o miąższości kilkudziesięciu metrów. W okresie zlodowacenia krakowskiego zapadlisko wypełniał lądolód, który pozostawił tu piaski, gliny oraz ropy. W budowie terenu badań udział biorą utwory czwartorzędowe złożone na osadach morskich trzeciorzędu Zapadliska Przedkarpacciego. Bezpośrednio pod powierzchnią terenu lub warstwą gleby występują nasypy niebudowlane. Spąg nasypów zalega na głębokości 0,7 do 1,4 m ppt. Poniżej zalegają czwartorzędowe osady rzeczne reprezentowane przez pyły, niżej piaski drobne z wkładkami gliny, pyłów i pyłów piaszczystych lokalnie przedzielone warstwą pyłów piaszczystych. Niżej występuje seria piaszczysto-żwirowa, której miąższość według materiałów archiwalnych wynosi do kilkunastu metrów.

W oparciu o posiadane materiały zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych z dnia 25 kwietnia 2012 r., rozpoznano podłoże gruntowe klasyfikuje się jako proste warunki gruntowe.

#### 4. Ogólny opis elewacji północnej budynku hangaru oraz elementów wrót

Hangar jest budynkiem o konstrukcji żelbetowo-stalowej. Jest obiektem zabytkowym, wpisanym wraz z budynkiem warsztatowym (domem lotnika) do rejestru zabytków województwa małopolskiego (A-1065 z 30.12.1997). Aktualnie w hangarze znajdują się zabytkowe pojazdy wycofane z użytkowania tramwaje i autobusy. Hala główna hangaru jest budynkiem wolnostojącym, parterowym. Budynek ten jest częściowo podpiwniczony.

Budynek hangaru jest jednym z kilku elementów infrastruktury dawnego Lotniska Kraków- Rakowice - Czyżyny. Przedmiotowy obiekt został wzniesiony w latach 30-tych XX wieku. Autorem projektu konstrukcji obiektu jest prof. Izydor Stella-Sawicki. Do lat 60 ubiegłego wieku budynek użytkowany był zgodnie z pierwotnymi przeznaczeniem - na początku jako hangar dla samolotów wojskowych, a w końcowym okresie eksploatacji dla samolotów cywilnych. W roku 1963 port lotniczy został zlikwidowany, a obiekty zaczęły być użytkowane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Krakowie. W adaptowanym hangarze mieściła się zajezdnia autobusowa z warsztatami naprawczymi. W tym czasie przy zachodniej ścianie hangaru dobudowano dwukondygnacyjny budynek socjalno-warsztatowy MPK, a wewnątrz hangaru uległo częściowej przebudowie. W roku 1998 zajezdnia MPK została zlikwidowana, a obiektem, do 2009 roku zarządzał Klub Sportowy Sparta. W 2009 roku obiekt przejęło w użyczenie Muzeum Inżynierii Miejskiej z Krakowa i do dziś w obiekcie znajdują się eksponaty MIM.



Ryc. 1. Lokalizacja obiektów po zespole portowym 2 Pułku Lotniczego na tle dzisiejszej zabudowy (Google Maps).

Elewacja północna budynku to w większości rozsuwane, prostokątne, ośmiosegmentowe wrota stalowe zamocowane na prowadnicach szynowych, które umożliwiały wjazd samolotu do wnętrza budynku. W czasie prac adaptacyjnych związanych z dostosowaniem budynku hali hangaru do funkcji zajezdni autobusowej, w skrzydłach wrót uformowano trzy znacznie mniejsze bramy, umożliwiające wjazd autobusów do wnętrza hali hangaru. Dodatkowo wrota zostały pozbawione możliwości przesuwu, a kieszenie wrót zostały zaadaptowane na pomieszczenia techniczne zajezdni. Lokalnie w wschodniej części drzwi usunięto fragment ław betonowych stanowiących fundament szyn jezdnych wrót oraz zdemontowano część skrzydeł. Szyny jezdnie wrót hangaru zostały w części zakryte poprzez uformowanie dodatkowych warstw wykończeniowych w postaci wylewek posadzkowych. W ramach prowadzonych prac adaptacyjnych usunięto również część elementów mechanizmu oraz napędu zapewniające otwieranie oraz zamykanie drzwi.

Pojedynczy segment wrót złożony jest z dwóch połączonych z sobą ram stalowych prostokątnego kształtu o wymiarach 3,20m x 7,43m. Ramy połączone śrubami stalowymi, skręcanymi przez środniki ceowników. Ramę wykonano jako układ obwodowych ceowników gorącowalcowanych C120 uzupełniony układem kątowników gorącowalcowanych L40x40x4 oraz L45x45x4. Ramy stalowe obłożono od zewnątrz blachą stalową falistą o grubości 1,0mm. Od wewnątrz skrzydła bramy zostały obudowane blachą płaską o grubości 1,0mm. Do tak uformowanej ramy stalowej zamocowano po dwa elementy jezdne w postaci kół stalowych. W górnej części ramy stalowej uformowany został układ rolek stalowych zapewniający wraz z prowadnicami stalowymi zamocowanymi do elementów konstrukcji dachu stabilność skrzydeł wrót stalowych.

Segmety wrót hangaru oparto na układzie szyn stalowych jezdnych. Szyny jezdne zostały zamocowane do betonowej ławy fundamentowej posadowionej na głębokości około 1,80m poniżej poziomu terenu.

## **5. Opis i ocena stanu zachowania umownie wyodrębnionych elementów konstrukcyjno -budowlanych**

Elewację północną budynku zabytkowego hangaru zlokalizowanego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie stanowią w większości wrota, pierwotnie zapewniające komunikację i umożliwiające wjazd samolotów do wnętrza budynku hangaru. Wrota hangaru oraz elewacja północna budynku uległy zmianom w ramach prowadzonych w przeszłości adaptacyjnym pracom. Obecnie wrota hangaru posiadają trzy mniejsze bramy stalowe uformowane na etapie adaptacji budynku do funkcji zajezdni autobusowej. Do wrót hangaru przylega bezpośrednio niewielki budynek warsztatowy. Wrota nie posiadają obecnie możliwości przesuwu ich poszczególnych skrzydeł. Usunięte zostały również dwa skrajne skrzydła zlokalizowane od strony wschodniej oraz zdemontowano fragmenty ławy betonowej stanowiące fundament pod szyny jezdne.

Ogólny stan techniczny wrót stalowych zabytkowego hangaru można określić, jako na ogół zły. Na ocenę tę wpływa zaawansowana korozja elementów stalowych skrzydeł wrót, korozja oraz ubytki elementów szyn jezdnych, brak elementów mechanizmów umożliwiających przesuwanie wrót oraz prace związane ze zmianą funkcji obiektu. Prace te wymusiły uformowanie bram stalowych w obrębie skrzydeł wrót. Na obecny stan wpłynęła również budowa przyległego budynku warsztatowego.

### **5.1. Okładziny wrót stalowych**

Zewnętrzną warstwę wrót stalowych zabytkowego hangaru zlokalizowanego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie wykonano w postaci blachy falistej stalowej o grubości 1,0mm. Od wewnątrz skrzydła wrót zostały obłożone warstwą płaskiej blachy stalowej o grubości 1,0mm. Arkusze blachy zostały przymocowane go wewnętrznej konstrukcji skrzydeł wrót poprzez zastosowanie nitów stalowych w średnim rozstawie co 10cm. Zewnętrzna warstwa blachy falistej wrót stalowych wykazuje liczne ślady korozji wodorotlenkowej. Widoczna jest degradacja i łuszczenie się zewnętrznych powłok malarskich. Widoczne są oznaki zaawansowanej korozji wodorotlenkowej blachy. Lokalnie korozja sięga pełnej grubości blachy. W dolnej części skrzydeł drzwi widoczne są ślady wymiany pierwotnej blachy falistej na blachę płaską. W obrębie przebudowanych skrzydeł do bram stalowych zewnętrzną i wewnętrzną warstwę uformowano również z arkuszy blachy płaskiej. Arkusze blachy w obrębie wtórnie uformowanych bram stalowych wykazują oznaki zaawansowanej korozji. Lokalnie stwierdzono całkowitą perforacyjną korozję blachy.

Ogólny stan techniczny zewnętrznej jak i wewnętrznej warstwy okładziny skrzydeł wrót obejmującej również okładzinę stalową wtórnie uformowanych bram należy ocenić jako zły. Zaleca się pełną wymianę poszycia skrzydeł oraz usunięcie wtórnie uformowanych bram stalowych.



## 5.2. Elementy konstrukcji segmentu wrót

Wrota hangaru tworzy układ ośmiu segmentów. Segmenty wrót poprzez koła stalowe oparto na układzie szyn jezdnych. Każda para segmentów posiada własną szynę jezdnią umożliwiającą przesuw danego segmentu.

Pojedynczy segment zbudowany jest z dwóch ram stalowych połączonych ze sobą przy użyciu śrub. Rama stalowa złożona jest z obwodowych elementów stalowych wykonanych z kształowników gorąco walcowanych C120. Dodatkowo wewnątrz ramy uformowano dwa dodatkowe dwugłęziowe słupki stalowe wykonane z dwóch kątowników L45x45x4 połączonych z sobą przy użyciu stalowych przekładek wykonanych z płaskownika grubości 4 mm. Słupki te posiadają rozstaw zmienny mieszczący się w zakresie od 95cm do 109cm. Pomiędzy słupkami stalowymi ramy dodatkowo wbudowano rygle w postaci kształowników gorąco walcowanych L40x40x4. Rygle te posiadają zmienny rozstaw.

Do tak uformowanej konstrukcji ramy stalowej segmentu wrót, do spodniej części zamocowano elementy jezdne w postaci kół jezdnych. Koła rozmieszczono symetrycznie względem osi podłużnej ramy w rozstawie równym 265cm. Od góry do górnego rygla uformowanego z ceownika C120 zamocowano układ rolek stalowych umożliwiający utrzymanie segmentów wrót w górnej prowadnicy. Lokalnie w środkowej parze segmentów dodatkowo do górnego rygla wykonanego z ceownika C120 zamocowano układ żeber stalowych wraz z hakiem umożliwiającym zamocowanie liny – ciągną zamykającego. Pomiędzy elementami rolek do górnego rygla ramy o przekroju C120 zamocowano elementy wypełniające służące do uszczelnienia górnej krawędzi drzwi. Element ten stanowi układ trzech płaskowników uformowany w kształcie odwróconej litery U. Wypełnienie tego elementu stanowi element drewniany dostosowany przekrojem do układu płaskowników. Elementy doszczelniające górną krawędź wrót hangaru zamocowano do górnego rygla ramy stalowej segmentu przy użyciu śrub M20 w średnim rozstawie co 20-25cm.

W obrębie krawędzi segmentów wrót zamocowano dodatkowe elementy stalowe w formie kątowników umożliwiających wzajemną współpracę segmentów podczas zamykania oraz otwierania wrót. Podczas przeprowadzonych oględzin we wnętrzu części segmentów stwierdzono obecność płyt wiórowo-cementowych. Prawdopodobnie służyły one zwiększeniu masy skrzydła co miało przeciwdziałać klinowaniu podczas ruchu drzwi.

Z uwagi na zmiany funkcjonalne obiektu oraz wprowadzenie w obrębie części skrzydeł wrót bram stalowych, część elementów rygli i słupków ram stalowych została usunięta. Z tego powodu również zostały wtórnie wprowadzone elementy konstrukcji stalowej ram. Z powodu unieruchomienia wrót oraz braku bieżących napraw i konserwacji elementy obwodowej ramy segmentów uległy znacznej korozji. W konsekwencji zaawansowanej korozji elementów stalowych konstrukcji nośnej poszczególnych segmentów stwierdzono lokalnie awarię połączenia kół jezdnych z dolnym rygłem ramy stalowej. W górnej partii konstrukcji nośnej segmentów wrót hangaru stwierdzono korozję powierzchniową rygli i słupków.

Ogólny stan techniczny elementów konstrukcji nośnej wrót należy ocenić jako zły. Na ocenę ta wpływa zaawansowana korozja elementów rygli i słupków segmentów wrót, oraz stwierdzona awaria kilku połączeń dolnego rygla ramy stalowej segmenty z elementami jezdnyimi kół stalowych. Zaleca się wymianę skorodowanych elementów

rygli i słupów stalowych oraz usunięcie elementów wtórnie wbudowanych bram stalowych oraz w ich miejscu odtworzenie konstrukcji stalowej wrót hangaru.

### **5.3. Elementy konstrukcji prowadnic i szyn wrót**

Prowadnice jako elementy zapewniające prawidłową pracę wrót uformowano w postaci układu ceowników stalowych. Prowadnice zamocowano do kratownic elewacyjnych stanowiących również element nośny dla świetlika elewacyjnego zlokalizowanego nad wrotami hangaru. Pojedyncza prowadnica zbudowana jest z dwóch układów ceowników o wysokości przekroju 85mm połączonych środnikami przy użyciu nitów. Układ ceowników ułożono poziomo środnikami. Prowadnice są widocznie zdeformowane. Widoczna są również oznaki korozji powierzchniowej. Górne ceowniki pełniące funkcję prowadnic wykazują większe oznaki korozji z uwagi na zalegające w nim nieczystości.

Ogólny stan techniczny prowadnic wrót hangaru określany jest jako niezadowolający. Na oceną tą wpływają głównie deformacje prowadnic oraz zawansowana korozja ceowników. Zaleca się wymianę zdeformowanych elementów prowadnic oraz zabezpieczenie antykorozyjne pozostałych elementów stalowych prowadnic.

Szyny jezdne wrót hangaru zostały uformowane w postaci układu czterech szyn posadowionych na betonowej ławie fundamentowej. Szyny jezdne wykonano z szyn kolejowych 140. Szyny są silnie skorodowane (lokalnie korozja objęła pełną grubość środników szyn), a w części wschodniego skrzydła wrót ich ciągłość została przerwana. W części szyny uległy zakryciu w wyniku uformowania dodatkowych warstw wykończeniowych hali hangaru związanych z adaptacją do funkcji zajezdni autobusowej.

Ogólny stan techniczny szyn oceniany jest jako awaryjny. Oznacza to brak możliwości ich naprawy. Z uwagi na ich zaawansowaną korozję oraz brak ciągłości zaleca się pełną wymianę szyn jezdnych.

### **5.4. Fundamenty wrót**

Fundamenty wrót zabytkowego hangaru zlokalizowanego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie zostały uformowane w postaci ław betonowych i posadowione na rodzimym gruncie. Ławy posadowiono na głębokości około 1,80 m w stosunku do przyległego poziomu. Ława fundamentowa posiada zmienny przekrój, a jej szerokość dostosowana jest do ilości szyn jezdnych. Szerokość ławy waha się w przedziale od około 30cm do 60cm. Lokalnie zaobserwowano miejscowe usunięcie ławy fundamentowej w części dobudowanego do elewacji budynku warsztatowego.

Stan techniczny ławy fundamentowej jak i warunki posadowienia oceniane są jako dobre. Brak jest oznak świadczących o jej nieprawidłowej pracy w postaci nierównomiernych lub ponad normowych osiadań. Przeprowadzone odkrywki wykazały, iż jest to element, który można zachować oraz wykorzystać w ramach prac renowacyjnych wrót i elewacji hangaru. Zaleca się również naprawę usuniętych fragmentów ławy. W celu uzyskania stabilnego podłoża do zamocowania szyn jezdnych

zalecane jest uformowanie nowego wieńca żelbetowego w górnej części łąwy fundamentowej.

### **5.5. Elementy mechanizmów wrót i pomieszczeń kieszeni.**

W skład elementów stanowiących mechanizm zamykania/otwierania wrót wchodzi układ dwóch cięgien liniowych wraz z systemem krążków linowych oraz silnikiem elektrycznym i przekładnią. W opisywanym hangarze w ramach wtórnej adaptacji budynku do funkcji zajezdni autobusowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego pozostawiono jedynie elementy krążków linowych oraz elementów z nimi powiązanych (belki stalowe nad pomieszczeniami kieszeni wrót oraz prowadnice w środku rozpiętości wrót). Elementy te są w dużym stopniu skorodowane, a krążki linowe zablokowane.

Pomieszczenia kieszeni wrót zostały przebudowane na pomieszczenia techniczne zajezdni, w miejscach tych wprowadzono stopy.

Stan techniczny układu elementów mechanizmów wrót oceniany jest jako zły. Na ocenę tą wpływa głównie korozja wodorotlenkowa elementów stalowych oraz istotny brak większości elementów mechanizmu napędowego.

## 6. Wnioski i zalecenia

Przeprowadzony przegląd i ocena stanu technicznego poszczególnych elementów wrót zabytkowego hangaru przy ul. I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie, dają podstawę do sformułowania następujących ocen, wniosków i zaleceń:

1. Ogólny stan techniczny elementów wrót hangaru przy I Stella-Sawickiego 41 w Krakowie można ocenić jako na ogół zły. Oznacza to konieczność podjęcia prac remontowych i zabezpieczających zmierzających do usunięcia wad i naprawy elementów wykazujących zły i awaryjny stan techniczny.
2. Na taką ocenę wpływa zaawansowana korozja elementów stalowych skrzydeł wrót, korozja oraz ubytki elementów szyn jezdnych, brak elementów mechanizmów umożliwiających ruch wrót oraz prace związane ze zmianą funkcji obiektu wymuszające uformowanie bram stalowych w obrębie skrzydeł wrót oraz budowa przyległego budynku warsztatowego.
3. Elementy okładzinowe zewnętrzne uformowane w postaci blachy stalowej falistej oraz elementy okładzinowe wewnętrzne wrót wykonane z arkuszy płaskiej blachy znajdują się w złym stanie technicznym, z uwagi na ich korozję. Zalecana jest pełna wymiana elementów poszycia wrót.
4. Zaleca się wymianę elementów skorodowanych konstrukcji nośnej drzwi oraz usunięcie elementów wtórnie wbudowanych w postaci bram stalowych oraz elementów elewacji powstałych w wyniku dobudowy budynku warsztatowego zlokalizowanego w wschodniej części elewacji północnej budynku hangaru.
5. Szyny jezdne są silnie skorodowane. Zaleca się pełną wymianę szyn jezdnych oraz oparcie ich na nowym wieńcu żelbetowym.
6. Elementy mechanizmów napędu wrót są w większości zdemontowane.
7. Obliczenia statycznie - wytrzymałościowe potwierdziły wymagany poziom bezpieczeństwa przy obciążeniu wiatrem. Przyjęto do obliczeń istniejące przekroje.
8. Zarówno blacha zewnętrzna falista jak i wewnętrzna blacha płaska zamocowane do konstrukcji stalowej segmentu wrót w rozstawie co około 10cm (lub w co drugiej fali blachy) zapewniają stężenie powierzchni segmentu drzwi. Obliczeniowo przemieszczenia segmentów mieszczą się w dopuszczalnym przedziale odkształceń i sięgają maksymalnie wartości 2,0 mm. Stąd też uszkodzenia warstw blach okładzinowych oraz ich redukcja grubości powstała w wyniku korozji atmosferycznej doprowadziła do utraty sztywności poszczególnych segmentów wrót.
9. Zaawansowana korozja elementów szyn jezdnych oraz uszkodzenia korozyjne połączeń kół jezdnych z ramą stalową segmentu wrót (lokalnie koła są wylamane z ram stalowych) stwarza możliwość pionowego przemieszczania oraz możliwość utraty zamocowania poszczególnych segmentów wrót w górnej prowadnicy wrót. Stan ten stwarza możliwość utraty stabilności segmentów drzwi. Stanowi to realne zagrożenie bezpieczeństwa zdrowia i życia osób przebywających w bezpośrednim sąsiedztwie wrót oraz realna katastrofą budowlaną wyodrębnionych segmentów wrót.

## 7. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

### 7.1. Zestawienie obciążeń

#### Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-3

Lokalizacja budynku:	<b>Kraków</b>	
Strefa obciążenia wiatrem [rys. NB.1]:	<b>3</b>	
Kategoria terenu [tab.4.1]:	<b>II - obszary z niską roślinnością, taka jak trawa, oraz pojedynczymi przeszkodami (drzewa, budynki) oddalonymi od siebie na odległość nie mniejszą niż 20 ich wysokości</b>	
Wysokość nad poziomem morza	a = <b>212,1</b> m.n.p.m	
Wysokość nad poziomem terenu:	z = <b>10,9</b> m	
Bazowa prędkość wiatru [pkt 4.2]:	$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$	
	$V_{b,0} =$	22,00 m/s - wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru [tab.NB.1]
	$C_{dir} =$	1,0 - współczynnik kierunkowy [tab. NB.2]
	$C_{season} =$	1,0 - współczynnik sezonowy
	$V_b =$	22,00 m/s
Średnia prędkość wiatru [pkt 4.3]:	$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b$	
	$c_r(z) =$	1,015 - współczynnik chropowatości [tab. NB.3]
	$c_o(z) =$	1,0 - współczynnik rzeźby terenu (orografii)
	$v_m(z) =$	22,32 m/s
Turbulencja wiatru [pkt 4.4]:	$I_v(z) = \sigma_v / v_m(z) = k / (c_o(z) * \ln(z/z_0))$ dla $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	
	$I_v(z) = I_v(z_{min})$	dla $z \leq z_{min}$
	$z_{min} =$	2,0 m - wysokość minimalna [tab. 4.1]
	$z_{max} =$	200 m - wysokość maksymalna
	$z_0 =$	0,050 m - wysokość chropowatości [tab. 4.1]
	$k_f =$	1,0 - współczynnik turbulencji
	$I_v(z) =$	0,186 - intensywność turbulencji na wysokości "z"
Wartość szczytowa ciśnienia prędkości [tab. 4.5]:	$q_p(z) = [1 + 7 * (I_v(z))] * 0,5 * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b$	
	$\rho =$	1,25 kg/m <sup>3</sup> - gęstość powietrza
	$q_{b,0} =$	0,300 kN/m <sup>2</sup> - podstawowa wartość ciśnienia prędkości wiatru [tab. NB.1]
	$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2$	- wartość bazowa ciśnienia prędkości
	$q_b =$	0,303 kN/m <sup>2</sup>
	5,0%	-akceptowalny błąd zwiększenia prędkości wiatru [pkt 4.3.3]
0,95	$\leq q_{b,0} / q_b * 100\%$	$\leq 1,05$
0,95	$\leq 99,17$	$\leq 1,05$ <b>Warunek spełniony</b>
	$q_b = \max(q_b, q_{b,0})$	
	$q_b =$	0,303 kN/m <sup>2</sup>
	$c_e(z) =$	2,343 - współczynnik ekspozycji [tab. NB.3]
	$q_p(z) =$	0,709 kN/m <sup>2</sup>

Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana dotycząca oceny konstrukcji stalowej wrót, mechanizmów jezdnych oraz fundamentów szyn jezdnych wrót zabytkowego hangaru lotniczego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie  
branża: konstrukcyjna

Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie zewnętrzne konstrukcji [pkt. 5.2]:

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$$

$q_p(z)$  - wartość szczytowa ciśnienia prędkości

$c_{pe}$  - współczynnik ciśnienia zewnętrznego

Pole		$w_e = q_p(b) \cdot c_{pe,10}$	$w_e = q_p(h) \cdot c_{pe,10}$	$w_e = q_p(z_{strip}) \cdot c_{pe,10}$	Odcinek [m]
A	$h \leq b$	--	-0,850	--	4,36
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
B	$h \leq b$	--	-0,567	--	17,44
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
C	$h \leq b$	--	-0,354	--	44,1
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
D	$h \leq b$	--	0,504	--	39,8
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
E	$h \leq b$	--	-0,228	--	39,8
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	

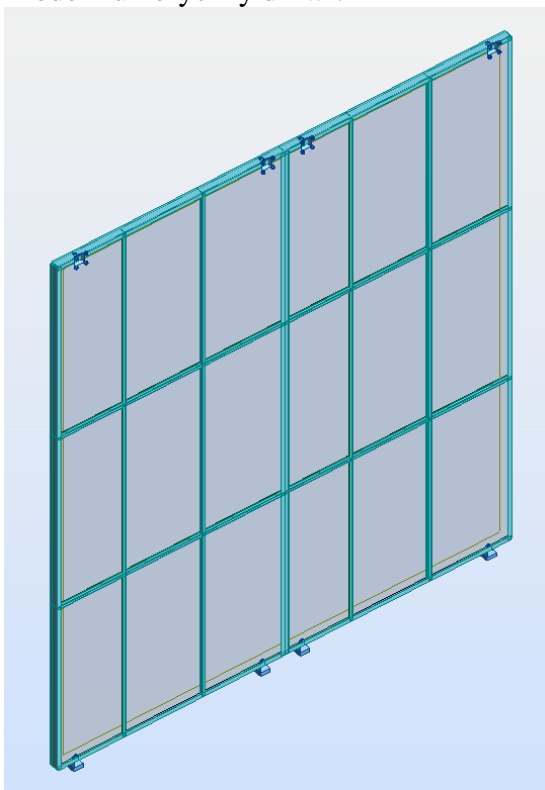
Pole		$w_e = q_p(b) \cdot c_{pe,1}$	$w_e = q_p(h) \cdot c_{pe,1}$	$w_e = q_p(z_{strip}) \cdot c_{pe,1}$	Odcinek [m]
A	$h \leq b$	--	-0,992	--	4,36
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
B	$h \leq b$	--	-0,780	--	17,44
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
C	$h \leq b$	--	-0,354	--	44,1
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
D	$h \leq b$	--	0,709	--	39,8
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	
E	$h \leq b$	--	-0,228	--	39,8
	$b < h \leq 2 \cdot b$	--	--	--	
	$h > 2 \cdot b$	--	--	--	

## 7.2. Ramy segmentów wrót stalowych

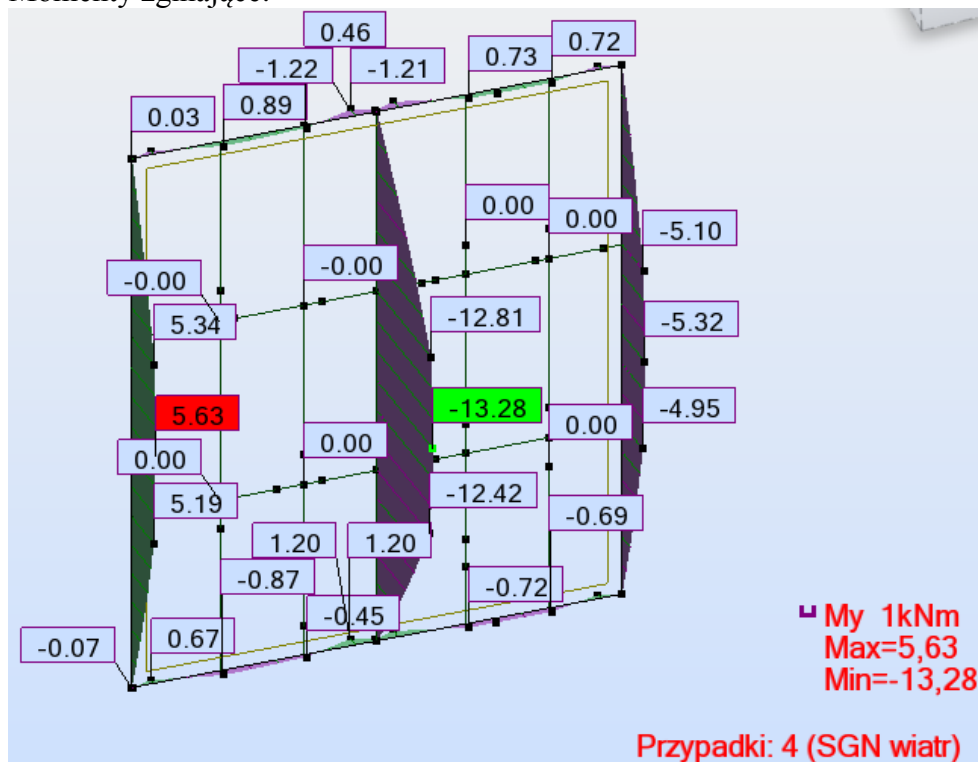
### Założenia :

Z uwagi na charakter pracy, obciążenia mimośrodowe podczas otwierania i zamykania drzwi oraz możliwość klinowania się drzwi przyjęto w obliczeniach przyjęto opory toczenia równe 0,1 wartości ciężary własnego segmentów drzwi.

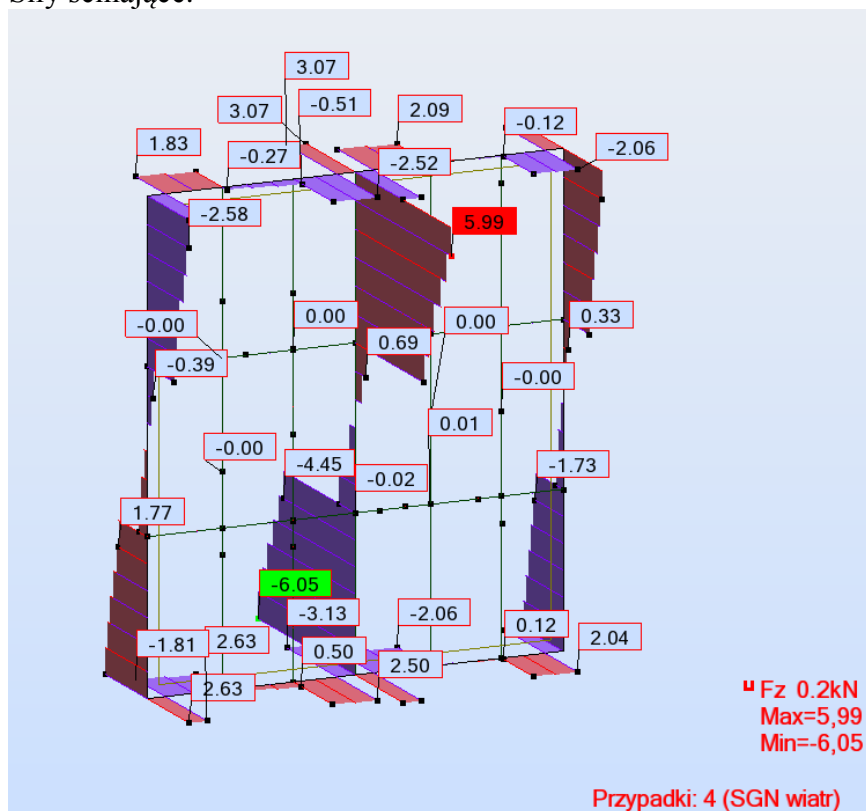
Model numeryczny drzwi:



Momenty zginające:

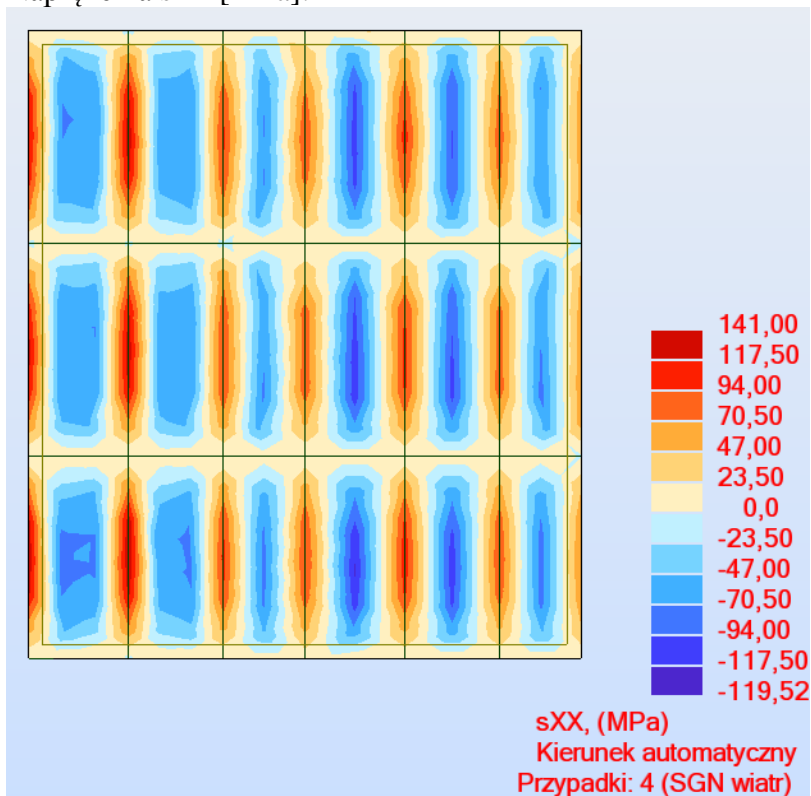


Siły ścinające:





Napężenia  $s_{XX}$ [MPa]:



Napężenia  $s_{YY}$ [MPa]:

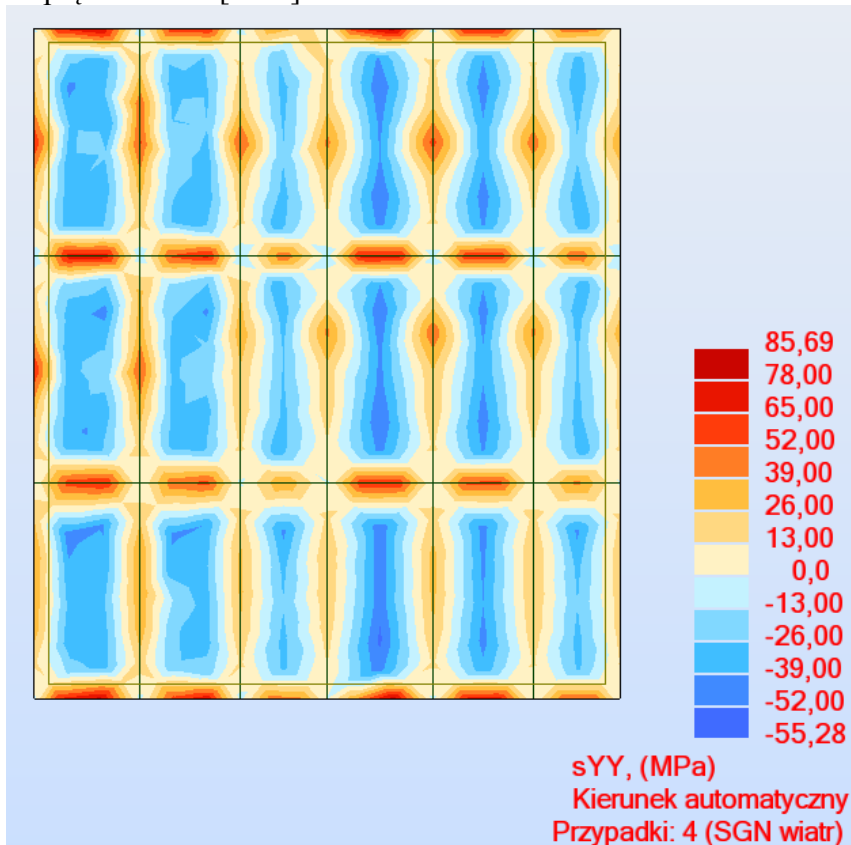


Tabela nośności poszczególnych prętów ram segmentu wrót stalowych:

Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż	Przypadek
1 Belka_1	C 120	S 235	6.05	17.56	0.05	10 Sgn - zamykanie
2 Belka_2	C 120	S 235	19.02	55.20	0.05	4 SGN wiatr
3 Belka_3	C 120	S 235	23.77	69.00	0.05	4 SGN wiatr
4 Belka_4	C 120	S 235	14.48	42.03	0.07	10 Sgn - zamykanie
5 Belka_5	C 120	S 235	6.05	17.56	0.08	10 Sgn - zamykanie
6 Stup_6	C 120	S 235	51.00	148.05	0.32	10 Sgn - zamykanie
7 Stup_7	C 120	S 235	53.60	155.57	0.35	10 Sgn - zamykanie
8 Stup_8	C 120	S 235	53.81	156.20	0.33	10 Sgn - zamykanie
9 Belka_9	C 120	S 235	6.05	17.56	0.05	10 Sgn - zamykanie
10 Belka_10	C 120	S 235	19.02	55.20	0.06	10 Sgn - zamykanie
11 Belka_11	C 120	S 235	23.77	69.00	0.06	10 Sgn - zamykanie
12 Belka_12	C 120	S 235	14.48	42.03	0.08	10 Sgn - zamykanie
13 Belka_13	C 120	S 235	6.05	17.56	0.08	10 Sgn - zamykanie
14 Stup_14	2 C 120	S 235	51.00	104.49	0.41	10 Sgn - zamykanie
15 Stup_15	2 C 120	S 235	53.60	109.80	0.41	10 Sgn - zamykanie
16 Stup_16	2 C 120	S 235	53.81	110.25	0.40	10 Sgn - zamykanie
17 Stup_17	2 LR 45x45x4	S 235	173.73	47.64	0.43	10 Sgn - zamykanie
18 Stup_18	2 LR 45x45x4	S 235	173.73	47.64	0.40	10 Sgn - zamykanie
19 Stup_19	2 LR 45x45x4	S 235	182.57	50.06	0.54	10 Sgn - zamykanie
20 Stup_20	2 LR 45x45x4	S 235	183.30	50.26	0.43	10 Sgn - zamykanie
21 Stup_21	2 LR 45x45x4	S 235	182.57	50.06	0.52	10 Sgn - zamykanie
22 Stup_22	2 LR 45x45x4	S 235	183.30	50.26	0.40	10 Sgn - zamykanie
23 Belka_23	2 LR 40x40x4	S 235	96.24	23.07	0.22	10 Sgn - zamykanie
24 Belka_24	2 LR 40x40x4	S 235	91.26	21.88	0.22	10 Sgn - zamykanie
25 Belka_25	2 LR 40x40x4	S 235	78.81	18.89	0.14	10 Sgn - zamykanie
26 Belka_26	2 LR 40x40x4	S 235	96.24	23.07	0.23	10 Sgn - zamykanie
27 Belka_27	2 LR 40x40x4	S 235	91.26	21.88	0.23	10 Sgn - zamykanie
28 Belka_28	2 LR 40x40x4	S 235	78.81	18.89	0.14	10 Sgn - zamykanie
29 Belka_29	C 120	S 235	6.05	17.56	0.24	10 Sgn - zamykanie
30 Belka_30	C 120	S 235	19.02	55.20	0.10	10 Sgn - zamykanie

Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana dotycząca oceny konstrukcji stalowej wrót, mechanizmów jezdnych oraz fundamentów szyn jezdnych wrót zabytkowego hangaru lotniczego przy ulicy I. Stella-Sawickiego 41 w Krakowie  
branża: konstrukcyjna

31 Belka_31	C 120	S 235	23.77	69.00	0.05	10 Sgn - zamykanie
32 Belka_32	C 120	S 235	14.48	42.03	0.08	10 Sgn - zamykanie
33 Belka_33	C 120	S 235	6.05	17.56	0.12	10 Sgn - zamykanie
34 Belka_34	C 120	S 235	6.05	17.56	0.07	10 Sgn - zamykanie
35 Belka_35	C 120	S 235	19.02	55.20	0.07	10 Sgn - zamykanie
36 Belka_36	C 120	S 235	23.77	69.00	0.05	10 Sgn - zamykanie
37 Belka_37	C 120	S 235	14.48	42.03	0.04	10 Sgn - zamykanie
38 Belka_38	C 120	S 235	6.05	17.56	0.04	10 Sgn - zamykanie
39 Słup_39	C 120	S 235	51.00	148.05	0.31	10 Sgn - zamykanie
40 Słup_40	C 120	S 235	53.60	155.57	0.33	10 Sgn - zamykanie
41 Słup_41	C 120	S 235	53.81	156.20	0.32	4 SGN wiatr
42 Słup_42	2 LR 45x45x4	S 235	173.73	47.64	0.39	10 Sgn - zamykanie
43 Słup_43	2 LR 45x45x4	S 235	173.73	47.64	0.42	10 Sgn - zamykanie
44 Słup_44	2 LR 45x45x4	S 235	182.57	50.06	0.49	10 Sgn - zamykanie
45 Słup_45	2 LR 45x45x4	S 235	183.30	50.26	0.39	10 Sgn - zamykanie
46 Słup_46	2 LR 45x45x4	S 235	182.57	50.06	0.53	10 Sgn - zamykanie
47 Słup_47	2 LR 45x45x4	S 235	183.30	50.26	0.42	10 Sgn - zamykanie
48 Belka_48	2 LR 40x40x4	S 235	96.24	23.07	0.19	10 Sgn - zamykanie
49 Belka_49	2 LR 40x40x4	S 235	91.26	21.88	0.21	10 Sgn - zamykanie
50 Belka_50	2 LR 40x40x4	S 235	78.81	18.89	0.20	10 Sgn - zamykanie
51 Belka_51	2 LR 40x40x4	S 235	96.24	23.07	0.19	10 Sgn - zamykanie
52 Belka_52	2 LR 40x40x4	S 235	91.26	21.88	0.22	10 Sgn - zamykanie
53 Belka_53	2 LR 40x40x4	S 235	78.81	18.89	0.21	10 Sgn - zamykanie

## Wyniki szczegółowe dla najbardziej wyężonych elementów

### OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 7 Stup\_7

**PUNKT:** 3

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.50 L = 1.24 \text{ m}$

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 10 Sgn - zamykanie  $1 \cdot 1.35 + (6+2) \cdot 1.50$

**MATERIAŁ:**

S 235 ( S 235 )  $f_y = 215.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRY PRZEKROJU: C 120**

$h = 12.0 \text{ cm}$   $gM0 = 1.00$   $gM1 = 1.00$   
 $b = 5.5 \text{ cm}$   $A_y = 11.12 \text{ cm}^2$   $A_z = 8.54 \text{ cm}^2$   $A_x = 17.00 \text{ cm}^2$   
 $tw = 0.7 \text{ cm}$   $I_y = 364.00 \text{ cm}^4$   $I_z = 43.20 \text{ cm}^4$   $I_x = 4.15 \text{ cm}^4$   
 $tf = 0.9 \text{ cm}$   $W_{ply} = 74.86 \text{ cm}^3$   $W_{plz} = 25.16 \text{ cm}^3$

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{,Ed} = 1.05 \text{ kN}$   $M_{y,Ed} = 5.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $M_{z,Ed} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}$   
 $N_{c,Rd} = 365.50 \text{ kN}$   $M_{y,Ed,max} = 5.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $M_{z,Ed,max} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{y,T,Rd} = 136.25 \text{ kN}$   
 $N_{b,Rd} = 105.50 \text{ kN}$   $M_{y,c,Rd} = 16.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $M_{z,c,Rd} = 5.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z,Ed} = 0.19 \text{ kN}$   
 $MN_{,y,Rd} = 16.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $MN_{,z,Rd} = 5.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z,T,Rd} = 104.95 \text{ kN}$   
 $T_{t,Ed} = 0.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi y:

$L_y = 2.48 \text{ m}$   $\lambda_{m,y} = 0.55$   
 $L_{cr,y} = 2.48 \text{ m}$   $X_y = 0.82$   
 $L_{amy} = 53.60$   $k_{yy} = 0.90$



względem osi z:

$L_z = 2.48 \text{ m}$   $\lambda_{m,z} = 1.58$   
 $L_{cr,z} = 2.48 \text{ m}$   $X_z = 0.29$   
 $L_{amz} = 155.57$   $k_{yz} = 0.55$

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.35 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$\tau_{t,y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.03 < 1.00$  (6.2.6)

$\tau_{t,z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.02 < 1.00$  (6.2.6)

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$\lambda_{m,y} = 53.60 < \lambda_{m,max} = 210.00$   $\lambda_{m,z} = 155.57 < \lambda_{m,max} = 210.00$  STABILNY  
 $N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.32 < 1.00$   
(6.3.3.(4))  
 $N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.20 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

### OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 15 Słup\_15    **PUNKT:** 1    **WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.67 L = 1.65$  m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 10 Sgn - zamykanie  $1*1.35+(6+2)*1.50$

**MATERIAŁ:**

S 235 ( S 235 )     $f_y = 215.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU: 2 C 120**

$h=12.0$  cm     $g_{M0}=1.00$      $g_{M1}=1.00$   
 $b=11.0$  cm     $A_y=19.80$  cm<sup>2</sup>     $A_z=16.80$  cm<sup>2</sup>     $A_x=34.00$  cm<sup>2</sup>  
 $t_w=0.7$  cm     $I_y=728.00$  cm<sup>4</sup>     $I_z=173.44$  cm<sup>4</sup>     $I_x=8.30$  cm<sup>4</sup>  
 $t_f=0.9$  cm     $W_{ply}=149.71$  cm<sup>3</sup>     $W_{plz}=54.40$  cm<sup>3</sup>

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{,Ed} = 5.25$  kN     $M_{y,Ed} = -13.28$  kN\*m     $M_{z,Ed} = -0.00$  kN\*m     $V_{y,Ed} = -0.02$  kN  
 $N_{c,Rd} = 731.00$  kN     $M_{y,Ed,max} = -13.28$  kN\*m     $M_{z,Ed,max} = -0.01$  kN\*m     $V_{y,T,Rd} = 245.78$  kN  
 $N_{b,Rd} = 346.92$  kN     $M_{y,c,Rd} = 32.19$  kN\*m     $M_{z,c,Rd} = 11.70$  kN\*m     $V_{z,Ed} = 0.45$  kN  
 $MN_{,y,Rd} = 32.19$  kN\*m     $MN_{,z,Rd} = 11.70$  kN\*m     $V_{z,T,Rd} = 208.54$  kN  
 $T_{t,Ed} = -0.02$  kN\*m  
KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi y:

$L_y = 2.48$  m     $\lambda_{m,y} = 0.55$   
 $L_{cr,y} = 2.48$  m     $\chi_y = 0.82$   
 $\lambda_{my} = 53.60$      $\chi_{yy} = 0.90$



względem osi z:

$L_z = 2.48$  m     $\lambda_{m,z} = 1.12$   
 $L_{cr,z} = 2.48$  m     $\chi_z = 0.47$   
 $\lambda_{mz} = 109.80$      $\chi_{yz} = 0.55$

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.41 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6.(1))

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$\lambda_{m,y} = 53.60 < \lambda_{m,max} = 210.00$      $\lambda_{m,z} = 109.80 < \lambda_{m,max} = 210.00$     STABILNY

$N_{,Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + \chi_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + \chi_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.38 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

$N_{,Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + \chi_{yz} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + \chi_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.24 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 40 Słup\_40    **PUNKT:** 3    **WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.50 L = 1.24 \text{ m}$

**OBCIĄŻENIA:**

*Decydujący przypadek obciążenia:* 10 Sgn - zamykanie  $1*1.35+(6+2)*1.50$

**MATERIAŁ:**

S 235 ( S 235 )     $f_y = 215.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRY PRZEKROJU: C 120**

$h=12.0 \text{ cm}$      $gM0=1.00$      $gM1=1.00$   
 $b=5.5 \text{ cm}$      $A_y=11.12 \text{ cm}^2$      $A_z=8.54 \text{ cm}^2$      $A_x=17.00 \text{ cm}^2$   
 $t_w=0.7 \text{ cm}$      $I_y=364.00 \text{ cm}^4$      $I_z=43.20 \text{ cm}^4$      $I_x=4.15 \text{ cm}^4$   
 $t_f=0.9 \text{ cm}$      $W_{ply}=74.86 \text{ cm}^3$      $W_{plz}=25.16 \text{ cm}^3$

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{,Ed} = -4.72 \text{ kN}$      $M_{y,Ed} = -5.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $M_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $V_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}$   
 $N_{t,Rd} = 365.50 \text{ kN}$      $M_{y,pl,Rd} = 16.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $M_{z,pl,Rd} = 5.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $V_{y,T,Rd} = 137.21 \text{ kN}$   
 $M_{y,c,Rd} = 16.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $M_{z,c,Rd} = 5.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $V_{z,Ed} = -0.15 \text{ kN}$   
 $MN_{,y,Rd} = 16.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $MN_{,z,Rd} = 5.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $V_{z,T,Rd} = 105.51 \text{ kN}$   
 $T_{t,Ed} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi y:  względem osi z:

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

**Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$N_{,Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.3.(1))  
 $(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{1.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.33 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)

**Profil poprawny !!!**

### 7.3. Analiza nośności belek stalowych nad kieszeniami wrót.

Belki stalowe nad kieszeniami o rozpiętości  $L = 300\text{cm}$  wykonano w postaci dwóch ceowników C160. Obliczeniowo kształtowniki spełniają warunki stanu granicznego nośności oraz ugięć.

Obliczenia wytrzymałościowe przekroju zginanego:

<b>Rozpiętość</b>	
$L_r =$	3 m
<b>Obciążenie na belkę [kN/m]</b>	
$q_d =$	12,00 kN/m
<b>Siła poprzeczna</b>	
$Q_d =$	18,00 kN
<b>Moment zginający belkę</b>	
$M_k =$	10,80 kNm
$M_d =$	13,50 kNm
<b>Minimalny wskaźnik ze względu na SGN</b>	
$W_x =$	$M_d/f_d$
$f_d =$	235000 kPa
$W_x =$	$5,74E-05\text{ m}^3$
$W_x =$	$57,45\text{ cm}^3$
<b>Charakterystyki przyjętego przekroju</b>	
<b>C 160</b>	
$I_x =$	$925\text{ cm}^4$
$W_x =$	$116\text{ cm}^3$
$A =$	$24\text{ cm}^2$
ilość =	2 szt.
$I_{x\text{cał.}} =$	$1850\text{ cm}^4$
$W_{x\text{cał.}} =$	$232\text{ cm}^3$
$A_{\text{całk.}} =$	$48\text{ cm}^2$
$E =$	205 GPa
<b>Sprawdzenie stanu granicznego nośności</b>	
$\sigma = M_d/W_x$	58189,66 kPa
$\sigma/f_d$	0,25 <i>Warunek spełniony.</i>
<b>Sprawdzenie stanu granicznego użytkowania</b>	
$u_{gr} =$	1,20 cm
$u =$	0,267 cm
$u < u_{gr}$	<i>Warunek spełniony.</i>
<b>Sprawdzenie warunku na ścinanie</b>	
$V_{R,d} =$	$0,58 \times A_v \times f_d$ kN
$V_{R,d} =$	654,24 kN
$Q =$	18,00 kN
$Q < V_{R,d}$	<i>Warunek spełniony.</i>

## 7.4. Analiza nośności ław fundamentowych.

### 1. Założenia:

#### MATERIAŁ:

BETON: klasa C16/20, ciężar objętościowy = 24,0 (kN/m<sup>3</sup>)

STAL: klasa A-III,  $f_{yd} = 350,00$  (MPa)

#### OPCJE:

Oznaczenie parametrów geotechnicznych metodą: B

współczynnik  $m = 0,81$  - do obliczeń nośności

współczynnik  $m = 0,72$  - do obliczeń poślizgu

współczynnik  $m = 0,72$  - do obliczeń obrotu

Wymiarowanie fundamentu na:

Nośność

Osiadanie

-  $S_{dop} = 7,00$  (cm)

- czas realizacji budynku:  $t_b > 12$  miesięcy

- współczynnik odprężenia:  $\lambda = 1,00$

Obrót

Poślizg

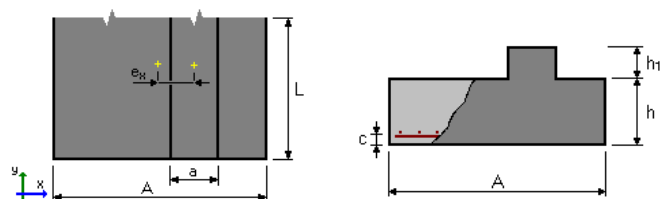
Ścinanie

Graniczne położenie wypadkowej obciążeń:

- długotrwałych w rdzeniu I

- całkowitych w rdzeniu II

### 2. Geometria



$A = 0,60$  (m)

$a = 0,60$  (m)

$L = 15,00$  (m)

$h = 1,80$  (m)

$h_1 = 0,10$  (m)

$e_x = 0,00$  (m) objętość betonu fundamentu:  $V = 1,140$  (m<sup>3</sup>/m)

otulina zbrojenia:

$c = 0,05$  (m)

poziom posadowienia:  $D = 1,8$  (m)

$D = 1,8$  (m)

minimalny poziom posadowienia:

$D_{min} = 1,8$  (m)

### 3. Grunt

Charakterystyczne parametry gruntu:

Warstwa	Nazwa	Poziom [m]	IL / ID	Symbol konsolidacji	Typ wilgotności
1	Piasek pylasty	0,0	0,0	0,40	--- wilgotne

Pozostałe parametry gruntu:



Warstwa	Nazwa	Miąższość [m]	Spójność [kPa]	Kąt tarcia [deg]	Ciężar obj.Mo [kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	M [kPa]
1	Piasek pylasty	---	0,0	29,9	17,5	52000,7	65000,9

#### 4. Obciążenia

##### OBLICZENIOWE

Lp.	Nazwa	N	My [kN/m]	Fx [kN*m/m]	Nd/Nc [kN/m]
1	L1	90,00	0,00	0,00	1,00

współczynnik zamiany obciążeń obliczeniowych na charakterystyczne = 1,20

#### 5. Wyniki obliczeniowe

##### WARUNEK NOŚNOŚCI

Rodzaj podłoża pod fundamentem: jednorodne

Kombinacja wymiarująca: L1 (długotrwała)

$$N=90,00\text{kN/m}$$

Wyniki obliczeń na poziomie: posadowienia fundamentu

Obliczeniowy ciężar fundamentu i nadległego gruntu:  $Gr = 30,10$  (kN/m)

Obciążenie wymiarujące:  $Nr = 120,10\text{kN/m}$   $My = 0,00\text{kN*m/m}$

Zastępczy wymiar fundamentu:  $A_ = 0,60$  (m)

Współczynniki nośności oraz wpływu nachylenia obciążenia:

$$N_B = 7,47 \quad i_B = 1,00$$

$$N_C = 30,00 \quad i_C = 1,00$$

$$N_D = 18,28 \quad i_D = 1,00$$

Graniczny opór podłoża gruntowego:  $Q_f = 294,43$  (kN/m)

Współczynnik bezpieczeństwa:  $Q_f * m / Nr = 1,99$

##### OSIADANIE

Rodzaj podłoża pod fundamentem: jednorodne

Kombinacja wymiarująca: L1

$$N=75,00\text{kN/m}$$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu i nadległego gruntu: 27,36 (kN/m)

Obciążenie charakterystyczne, jednostkowe od obciążeń całkowitych:  $q = 171$  (kPa)

Miąższość podłoża gruntowego aktywnie osiadającego:  $z = 1,5$  (m)

Naprężenie na poziomie z:

- dodatkowe:  $\sigma_{zd} = 17$  (kPa)

- wywołane ciężarem gruntu:  $\sigma_{z\gamma} = 58$  (kPa)

Osiadanie:

- pierwotne:  $s' = 0,14$  (cm)

- wtórne:  $s'' = 0,03$  (cm)

- CAŁKOWITE:  $S = 0,17$  (cm) <  $S_{dop} = 7,00$  (cm)

##### OBRÓT

Kombinacja wymiarująca: L1 (długotrwała)

$$N=90,00\text{kN/m}$$

Obliczeniowy ciężar fundamentu i nadległego gruntu:  $Gr = 24,62 \text{ (kN/m)}$

Obciążenie wymiarujące:  $Nr = 114,62\text{kN/m}$   $My = 0,00\text{kN*m/m}$

Moment zapobiegający obrotowi fundamentu:

$$- My(\text{stab}) = 34,39 \text{ (kN*m/m)}$$

Współczynnik bezpieczeństwa:  $M(\text{stab}) * m / M = +\text{INF}$

### *POŚLIZG*

Kombinacja wymiarująca: L1 (długotrwała)

$$N=90,00\text{kN/m}$$

Obliczeniowy ciężar fundamentu i nadległego gruntu:  $Gr = 24,62 \text{ (kN/m)}$

Obciążenie wymiarujące:  $Nr = 114,62\text{kN/m}$   $My = 0,00\text{kN*m/m}$

Zastępcze wymiary fundamentu:  $A_ = 0,60 \text{ (m)}$

Współczynnik tarcia:

$$- \text{fundament grunt: } \mu = 0,40$$

Współczynnik redukcji spójności gruntu = 0,20

Wartość siły poślizgu:  $F = 0,00 \text{ (kN/m)}$

Wartość siły zapobiegającej poślizgowi fundamentu:

$$- \text{w poziomie posadowienia: } F(\text{stab}) = 46,15 \text{ (kN/m)}$$

Współczynnik bezpieczeństwa:  $F(\text{stab}) * m / F = +\text{INF}$