



My Way Krystian Stefański

Szadłowice 63 , 88-140 Gniewkowo

Etap:

Projekt techniczny

Adres Inwestycji:

**Województwo małopolskie, powiat Kraków,
gmina Kraków, m. Kraków dz. o nr ewid. 9/4 obr.48;
252/4; obr.47; 82/46 obr. 47; ul. Turowicza**

Inwestor:

**Gmina Miejska Kraków- Zarząd Dróg Miasta Krakowa
31-586 Kraków, ul. Centralna 53**

Kat. Obiektu bud.:

Kategoria VIII – inne budowle

Temat

opracowania:

**Budowa ekranów akustycznych przy ul. Turowicza w
ramach zadania pn. Budowa drogi równoległej do ul.
Turowicza na odcinku od gen. Bolesława Roi do wiaduktu
w kierunku Centrum Handlowego**

Jednostka

projektowa:

**Pracownia Projektowa Konstrukcji Budowlanych
PROKONS Piotr Firlit Sp.k.
ul. Żwirki i Wigury 18/35, 31-465 Kraków**

Imię i Nazwisko	Stanowisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
mgr inż. Piotr Firlit	Projektant	konstrukcyjno- budowlane	MAP/0015/ POOK/08	
inż. Ryszard Łącki	Sprawdzający	konstrukcyjno- budowlane	41/79	

Kraków, październik 2022r.

SPIS ZAWARTOŚCI TECZKI

1	Strona tytułowa	Str.1
2	Spis zawartości teczki	Str.2
3	Spis rysunków	Str.2
4	Oświadczenie o kompletności dokumentacji	Str.3
5	Kserokopie uprawnień i zaświadczenia przynależności do Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa	Str.4
6	Opis techniczny	Str.8
7	Załącznik 1 - Obliczenia statyczne do projektu budowlanego	Str.16
8	Rysunki	

SPIS RYSUNKÓW

L.p.	Tytuł	Nr. rys.
1	Plan sytuacyjny i rozwinięcie ekranu	01.00
2	Widok i przekrój przęsła ekranu	02.00
3	Połączenie ekranów, istniejącego z nowoprojektowanym	02.01
4	Zbrojenie pała P652	03.00
5	Słup S-50	04.00
6	Zbrojenie belki podwalinowej B650	05.01
7	Zbrojenie belki podwalinowej B640	05.02

OŚWIADCZENIE

Zgodnie z art. 34 ust. 3d pkt 3) *Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane*
(Dz. U. z 2021r., poz. 2351)

oświadczamy, że

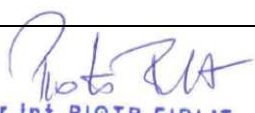
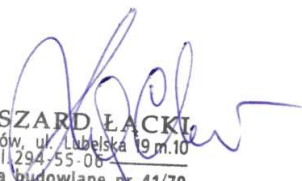
PROJEKT TECHNICZNY DLA ZADANIA:

**Budowa ekranów akustycznych przy ul. Turowicza w ramach zadania
pn. Budowa drogi równoległej do ul. Turowicza na odcinku od gen.
Bolesława Roi do wiaduktu w kierunku Centrum Handlowego**

Adres Inwestycji: **Województwo małopolskie, powiat Kraków,
gmina Kraków, m. Kraków dz. o nr ewid. 9/4 obr.48;
252/4; obr.47; 82/46 obr. 47; ul. Turowicza**

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej.

Projekt jest kompletny z punktu widzenia celu, jakiemu ma służyć.

Funkcja	Imię i nazwisko	Nr uprawnień specjalność	Podpisy
Projektant:	mgr inż. Piotr Firlit	MAP/0015/ POOK/08 Kontr.-bud.	 mgr. inż. PIOTR FIRLIT ul. Żwirki i Wigury 18/35 31-465 Kraków, tel. 0502 292 874 UPRAWNIENIA BUDOWLANE w spec. konstrukcyjno-budowlanej do projektowania bez ograniczeń Nr ewid. MAP/0015/POOK/08
Sprawdzający:	inż. Ryszard Łącki	41/79 Kontr.-bud.	 inż. RYSZARD ŁĄCKI 30-003 Kraków, ul. Lubelska 19 m.10 tel. 294 55 06 Uprawnienia budowlane nr 41/79 w specjalności konstr.-budowlanej do projektowania, nadzorowania i wykończenia



Kraków, dnia 17 czerwca 2008 r.

MAP OIIB/KK/0054-0036/08

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz. U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, z późn. zm.), art. 12 ust. 1 pkt 1 i 5, art. 12 ust. 3, art. 13 ust. 1 pkt 1 oraz art. 13 ust. 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2005 r. Nr 156 poz. 1118 z późn. zm.), § 11 ust. 1 pkt 1, § 15 i § 17 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578 z późn. zm.) oraz art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (tekst jednolity: Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.).

Małopolska Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
stwierdza, że

Pan mgr inż. Piotr Krzysztof Firlić
urodzony dnia 03.02.1977 r. w Krakowie
uzyskał

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny MAP/0015/POOK/08

do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej.

UZASADNIENIE

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie na podstawie protokołów z postępowania kwalifikacyjnego oraz z przeprowadzonego egzaminu, stwierdziła, że Pan Piotr Firlić posiada wymagane prawem wykształcenie i praktykę zawodową konieczną do uzyskania uprawnień budowlanych w wyżej wymienionej specjalności i uzyskał pozytywny wynik egzaminu na uprawnienia budowlane. Szczegółowy zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

POUCZENIE

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

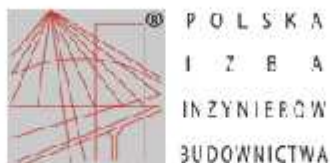
Skład Orzekający
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:

1. Przewodniczący Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej
dr inż. Stanisław Karczmarczyk
2. Członek Składu Orzekającego
mgr inż. arch. Elżbieta Gabrys
3. Członek Składu Orzekającego
dr inż. Marian Plachecki



Otrzymują:

1. Pan Piotr Firlić
ul. Żwirki i Wigury 18/53
31-465 Kraków
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
3. u/a



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:
MAP-JPG-APR-YU1 *

Pan Piotr Krzysztof Firlit o numerze ewidencyjnym MAP/BO/0606/08
adres zamieszkania ul. Zwirki i Wigury 18/35, 31-456 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-09-01 do 2023-02-28.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-29 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.

Nr Up.41/79

Kraków, dnia 19 stycznia 1979 roku

DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO
DO PEŁNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI I TECHNICZNYCH W BUDOWNICTWIE

Na podstawie § 4 ust. 2, § 6 ust. 3, § 7 i § 13 ust. 1
pkt 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony
Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie samodzielnych
funkcji technicznych w budownictwie /Dz.U. Nr 8, poz. 46/
stwierdza się, że Obywatel RYSZARD Ż A C K I
inżynier budownictwa lądowego urodzony dnia 26 lutego 1940 r.
w Krakowie posiada przygotowanie zawodowe upoważniające
do wykonywania samodzielnej funkcji projektanta w specjalności
konstrukcyjno-budowlanej.

Obywatel RYSZARD Ż A C K I jest upoważniony do:

- 1/ sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budo-
wlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, wę-
złów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych
i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i meliora-
cji wodnych,
- 2/ sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakre-
sie rozwiązań architektonicznych:
 - a/ budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów
typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzanie
planów zagospodarowania działki związanych z realizacją
tych budynków,
 - b/ budowli nie będących budynkami,
- 3/ w budownictwie osób fizycznych - do kierowania, nadzorowania
i kontrolowania budowy, kierowania i kontrolowania wytwarzania
konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i będącia
stanu technicznego obiektów budowlanych.

Otrzymują:

1. inż. Ryszard Żacki
2. a/a.





MAŁOPOLSKA
OKRĘGOWA
I Z B A
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA



WOJEWÓDZTWO
MAŁOPOLSKIE

21 czerwca 2022 r.
Kraków,

Zaświadczenie

Pan/Pani..... **Ryszard Łacki**

miejsce zamieszkania..... **ul. Lubelska 19/10**

..... **30-003 Kraków**

jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

o numerze ewidencyjnym **MAP/BO/3044/01**

i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne od dnia **1 lipca 2022 r.**

do dnia **31 grudnia 2022 r.**

MAŁOPOLSKA OKRĘGOWA IZBA
INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
W KRAKOWIE

PRZEWODNICZĄCY RADY
MAŁOPOLSKIEJ OKRĘGOWEJ IZBY
INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
w Krakowie

mgr inż. Mirosław Boryczko
(pieczęć i podpis przewodniczącego OIB)

OPIS TECHNICZNY

1.1 Przedmiot i zakres opracowania

Opracowanie obejmuje projekt techniczny dla zadania: Budowa ekranów akustycznych przy ul. Turowicza w ramach zadania pn. Budowa drogi równoległej do ul. Turowicza na odcinku od gen. Bolesława Roj do wiaduktu w kierunku Centrum Handlowego

1.2 Podstawa opracowania

- Zlecenie od Zamawiającego
- Program Funkcjonalno - Użytkowy
- Projekt adaptacji akustycznej nr ZO/138/03/2021 – Ekran akustyczny przy ul. Jerzego Turowicza w Krakowie - Kobylnica 20 kwietnia 2021 r.
- Mapa do celów projektowych
- Opinia Geotechniczna pod budowę ekranów akustycznych wzdłuż ul. Jerzego Turowicza, Kraków, działki nr: 82/46 i 9/4 obr. 0047 Podgórze - marzec 2021 r.
- Uchwała nr CXV/3014/18 Rady Miasta Krakowa z dnia 7 listopada 2018 r. „Program ochrony środowiska przed hałasem dla Miasta Krakowa na lata 2019 – 2023”.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tj.: Dz. U. z 2021 r., poz. 2351, tekst jednolity z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tj.: Dz.U. z 2022 r. poz. 503 teks jednolity z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tj.: Dz.U. z 2021 r., poz. 1973 teks jednolity z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (tj.: Dz.U. z 2021 poz. 2233 teks jednolity z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i gornicze (tj.: Dz.U. z 2022 r., poz. 1072 teks jednolity z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (tj.: Dz.U. z 2021 r. poz. 1990 teks jednolity z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. z 2020 r. poz. 1609).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r. poz. 1839).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r., w sprawie wartości progowych poziomów hałasu w środowisku. (Dz. U. z 2007 r. nr

120 poz. 826)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012r., zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
- PN-EN 1794-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1 Właściwości mechaniczne i stateczność.
- PN-EN 1794-2 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe - Wymagania pozaakustyczne. Część 2: Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne
- PN-EN 1793-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe - Metoda badania w celu wyznaczenia właściwości akustycznych Część 1: Właściwa charakterystyka pochłaniania dźwięku
- PN-EN 1793-2 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe - Metoda badania w celu wyznaczenia właściwości akustycznych Część 2: Właściwa charakterystyka izolacyjności od dźwięków powietrznych
- ZN-96/TPSA-004 Zbliżenia i skrzyżowania z innymi urządzeniami uzbrojenia terenowego. Wymagania i badania.
- Inne obowiązujące przepisy i normy oraz literatura techniczna.
- Wytyczne, schematy i uzgodnienia przeprowadzone ze Zleceniodawcą
- Polskie Normy i przepisy budowlane

1.3. Inwestor

Gmina Miejska Kraków- Zarząd Dróg Miasta Krakowa

31-586 Kraków, ul. Centralna 53

1.4. Cel opracowania

Celem opracowania jest wykonanie dokumentacji projektowej budowy ekranu akustycznego przy ul. Turowicza w Krakowie

2.0 Lokalizacja

Planowana inwestycja zlokalizowana jest przy ul. Turowicza w Krakowie na terenie województwa małopolskiego, w powiecie krakowskim, gmina Kraków, m. Kraków, dz. nr ewid. 9/4 obr.48; 252/4 obr.47 i 82/46 obr.47.

Teren objęty niniejszym opracowaniem znajduje się w Krakowie, przy ul. Turowicza.

Administracyjnie badany obszar znajduje się w mieście Kraków, w gminie Kraków, powiecie Kraków i województwie małopolskim.

Badane działki nr 9/4; 252/4 i 82/46 stanowią pas drogowy drogi powiatowej, na której zlokalizowane są jezdnie ul. Turowicza wraz z pasami zieleni i chodnikami oraz latarniami. Działki nr 252/4 i 82/46 nie są zabudowane natomiast na działce 9/4 zlokalizowany jest istniejący ekran akustyczny. Teren jest morfologicznie płaski.

Tablica nr 1. Projektowany ekran akustyczny

Nr ekranu	Lokalizacja		Parametry ekranów		Uwagi
	Początek	Koniec	Długość L_b [m]	Wysokość $H_{rzeczywista}$	
E1	X= 7424446.21 Y= 5543302.61	X= 7424455.29 Y= 5543457.35	155,0	5,0	Ekran pochłaniający

3.0. Opis architektoniczny

Projektowany ekran akustyczny ma za zadanie poprawę warunków akustycznych panujących na posesjach sąsiadujących z ul. Turowicza.

Ekran zaprojektowano jako nieprzeźroczystą, ciągłą przegrodę ścianową stanowiącą przedłużenie istniejących ekranów akustycznych. W dolnej części wypełnień, co ok. 30 m, zlokalizowano 6 paneli przeźroczystych. Formę architektoniczną ekranów kształtują elementy dźwiękochłonne o prostym kształcie obrysu.

Jako wypełnienie ekranu, przyjęto systemowe panele akustyczne typu „Zielona Ściana” o wys. 4.5 m. Do wysokości 0.5 m od poziomu terenu zaprojektowano żelbetową belkę podwalinową. Belka podwalinowa zagłębiona w gruncie na wys. 5 cm. Całkowita wysokość ekranu to 5.0 m.

4.0 Warunki gruntowo-wodne

W podłożu przedmiotowej działki poniżej około 0,5 – 0,7 m warstwy nasypu niebudowlanego zlokalizowano utwory niespoiste – średnio zagęszczony piasek średni o miąższości około 0,2 – 1,1 m. Nasyp składa się z gleby i piasku ze znaczną domieszką fragmentów gruzu oraz kamieni. Bezpośrednio pod warstwą piasku średniego stwierdzono występowanie utworów spoistych – glina pylasta w stanie twardoplastycznym o miąższości 0,7 – 1,9 m. Niżej w podłożu zlokalizowano utwory zwięzłospoiste – il pylasty z domieszką części organicznych, który stopniowo przechodzi w warstwę twardego iłu z domieszką gipsu. Warstwa iłów występuje w stanie twardoplastycznym oraz półzwartym i zalega do spodu wszystkich otworów

badawczych, minimum do głębokości 6,0 m ppt.

Zwierciadło wody gruntowej nie zostało zlokalizowane, wilgotność gruntów w podłożu spada wraz z głębokością.

Dokładne parametry gruntu znajdują się w dokumentacji badań podłoża gruntowego.

4.1 Warunki geotechniczne

Warunki gruntowe określono jako proste. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych obiekt posiada II kategorię geotechniczną.

5.0 Opis konstrukcyjny

5.1. Założenia do obliczeń statycznych

Ekrany akustyczne przeliczono na oddziaływanie poziome wiatru zgodnie z:

PN-EN 1794-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania poza akustyczne. Część 1 Właściwości mechaniczne i stateczność.

PN-EN 1794-2 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania poza akustyczne. Część 2: Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne.

PN-EN 1991-1-4 Oddziaływania na konstrukcje; Część 1-4: Oddziaływania ogólne Oddziaływania wiatru.

PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.

PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone -- Obliczenia statyczne i projektowanie.

PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Obliczenia statyczne oraz wyniki zamieszczone są w załączniku.

5.2 Konstrukcja ekranu akustycznego

Ekran o wysokości 5,0 m i rozpiętości przęsł 5,0 m lub 4,0 m – ekran pochłaniający.

Konstrukcje nośną projektowanego ekranu akustycznego stanowią słupy stalowe S-50 wykonane z profili HEA 160 z dospawaną przyporą z połowy dwuteownika IPE330. Słupy posadowione na palach żelbetowych P652 o średnicy Ø 60 cm i długości 5,2 m wykonane z

betonu C 25/30, zbrojone 10 prętami # 16. Słupy zatapiające się w palach żelbetowych na głębokość 0,7 m.

Typowe belki podwalinowe B650, B640, dla ekranu zaprojektowano jako prefabrykowane z betonu C 30/37 o wymiarach odpowiednio 4.95x0.55x0.12 m. 3.95x0.55x0.12 m. Belki podwalinowe zagłębione w gruncie na wys. 5 cm. W celu dostosowania belek podwalinowych do poziomu głowic pali fundamentowych, końce belek podcinać na budowie. Belki podwalinowe zasypać gruntem oraz 10 cm powyżej gruntu zostaną zabezpieczone izolacją przeciwwilgociową oraz powinny być zabezpieczone przed wpływem środków używanych do zwalczania śliskości nawierzchni

6.0 Wypełnienia ekranów

a) Ekrany akustyczne pochłaniające zaprojektowano z paneli akustycznych typu „Zielona Ściana”. Wypełnienie ekranów musi posiadać deklarację właściwości użytkowych na zgodność z Polską Normą, krajową lub europejską ocenę techniczną lub Aprobata techniczną. Strona pochłaniania zlokalizowana od strony drogi. Typowy rozstaw słupów 5.0 m oraz 4.0 m.

Zaprojektowane ekrany akustyczne pochłaniające zostaną wykonane jako ekrany posiadające minimalne parametry akustyczne określone następującymi wskaźnikami:

- Jednolicebowy wskaźnik oceny pochłaniania dźwięku $DL\alpha \geq 11$ dB - klasa A4 zgodnie z normą PN-EN 1793-1:2012.
- Izolacyjność od dźwięków powietrznych $DLR \geq 29$ dB - klasa B3 zgodnie z normą PN-EN 1793-2:2012

b) Systemowe panele przezroczyste wypełnione szkłem mineralnym hartowanym gr. 8 mm, mocowanym w ramach aluminiowych przy wykorzystaniu uszczelek gumowych. Wypełnienie ekranów musi posiadać deklarację właściwości użytkowych na zgodność z Polską Normą, krajową lub europejską ocenę techniczną lub Aprobata techniczną.

Panele odbijające muszą posiadać minimalne parametry akustyczne określone następującymi wskaźnikami:

- Izolacyjność od dźwięków powietrznych $DLR \geq 29$ dB - klasa B3 zgodnie z normą PN-EN 1793-2:2012

W zakresie trudności zapalenia ekrany akustyczne, o których mowa w § 279 rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [4]

powinny być wykonane z materiałów trudnopalnych, zgodnie z § 281 ust. 1 pkt. 2 tego rozporządzenia.

Panele akustyczne montowane w słupach konstrukcyjnych poprzez wsunięcie ich pomiędzy półki dwuteownika oraz dociśnięcie przy pomocy systemowych klinów.

Przy wykonywaniu słupów i montażu ekranu akustycznego należy przestrzegać wszystkich przepisów BHP .

7.0 Zabezpieczenia antykorozyjne

Konstrukcje stalową oczyścić do drugiego stopnia czystości wg PN-EN ISO 8501-1:2008 przez piaskowanie lub śrutowanie i zabezpieczyć antykorozyjnie zgodnie z normą PN-EN ISO 1461:2011, powłoką cynkową o grubości średnio 120 µm.

8.0 Materiały

Stal profilowa S 235 JR o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 215$ MPa

Elektrody EA – 1.46. Klasa konstrukcji EXC2

Pale fundamentowe z betonu C 25/30 , kl. ekspozycji XC2 – trzon pala

kl. ekspozycji XC2, XF2 – głowica pala

Prefabrykowane belki podwalinowe z betonu min.C 30/37 kl. ekspozycji XF4, XC4,

Stal zbrojeniowa A-IIIN (B500A lub B500B i B500SP)

9.0 Kolorystyka

- słupy niemalowane w naturalnym kolorze ocynku;
- podwaliny niemalowane w naturalnym kolorze betonu, zabezpieczone antykorozyjnie strukturalnie z zachowaniem odpowiedniej grubości otuliny betonowej zgodnie z wytycznymi Producenta;
- panele akustyczne pochłaniające - rama w naturalnym kolorze ocynku, siatka PVC w odcieniu zieleni;
- panele akustyczne odbijające - rama w naturalnym kolorze aluminium, szkło bezbarwne, przezroczyste. Panele przezroczyste zabezpieczone przed zderzeniami ptaków poprzez wykonanie trwałych pionowych czarnych pasków o szerokości 2 cm, w rozstawie co 10 cm.

10.0 Technologia organizacji robót.

Przed przystąpieniem do robót objętych niniejszym projektem wykonawczym, Wykonawca jest zobowiązany do zinwentaryzowania urządzeń obcych występujących na terenie przewidzianym pod roboty budowlane.

Roboty przy budowie ekranów prowadzone będą w oparciu o sporządzony przez Wykonawcę projekt organizacji robót. W opracowaniu muszą być zapewnione następujące warunki prowadzenia robót: zapewnienie ciągłości ruchu na istniejącym układzie komunikacyjnym z dopuszczeniem ograniczenia prędkości, nienaruszalność interesów osób trzecich.

Transport oraz montaż powinien odbywać się z zachowaniem warunków zapewniających dostarczenie i zamontowanie nie uszkodzonych ekranów.

11.0 Kolejność i metody realizacji robót podczas budowy.

Nie przewiduje się etapowania robót. Przy budowie ekranów przewiduje się następującą kolejność prowadzenia robót:

Roboty przygotowawcze i rozbiórkowe:

zabezpieczenie placu budowy,

wytyczenie ekranów,

zlokalizowanie uzbrojenia terenu w sąsiedztwie wykonywanych pali

Roboty konstrukcyjne:

wykonanie pali pod słupy stalowe

montaż słupów stalowych

montaż belek podwalinowych

montaż paneli akustycznych

Roboty końcowe:

uporządkowanie i rekultywacja terenu

12.0 Metody realizacji

Wykonanie fundamentów

Roboty palowe wykonywane będą z poziomu terenu lub nasypu drogowego w zależności od możliwości sprzętowych. Pale zaprojektowano w postaci pali wierconych. Fundamenty palowe zbrojone są prętami stalowymi uformowanymi w postaci szkieletu zbrojeniowego. W górnej partii fundamentów należy zabetonować słupy stalowe. Ze względu na osadzenie

słupków ekranu w głowicach pali, betonowanie należy wykonać w dwóch etapach.


Betonowanie głowicy może nastąpić wyłącznie po dokładnym przygotowaniu przerwy roboczej. Beton głowicy musi być dobrze zagęszczony, aby nie odbiegał jakością od betonu pierwszego etapu betonowania pala.

Wykonanie części naziemnej ekranu

Po osadzeniu słupów w głowicach pali należy wykonać wypełnienie ekranów z belek podwalinowych oraz paneli akustycznych.

13.0 Transport i składowanie elementów ekranów akustycznych:

- transport można przeprowadzać dowolnymi środkami transportowymi dostosowanymi do danego typu ładunku i dopuszczonymi do ruchu po drogach publicznych,
- transportowane elementy należy zabezpieczyć w sposób uniemożliwiający powstanie uszkodzeń lub zniszczenie transportowanych elementów,
- składowanie elementów ekranów akustycznych należy zorganizować zgodnie z obowiązującymi przepisami tak by uniknąć ryzyka spowodowania wypadku ludzi i sprzętu oraz uniknąć uszkodzenia lub zniszczenia elementów
- wszystkie użyte do transportu i rozładunku urządzenia i pojazdy winne posiadać stosowne, aktualne przeglądy i dopuszczenia oraz powinny być obsługiwane przez osoby posiadające odpowiednie uprawnienia oraz wiedze do obsługi wyżej wymienionych urządzeń i pojazdów.


inż. RYSZARD ŁACKI
30-003 Kraków, ul. Łubelska 19 m.10
tel. 294 55 06
Uprawnienia budowlane nr 41/79
w specjalności konstr.-budowlanej do
projektowania, nadzorowania i wykonawstwa


mgr. inż. PIOTR FIRLIT
ul. Żwirki i Wigury 18/35
31-465 Kraków, tel. 0502 292 874
UPRAWNIENIA BUDOWLANE
w spec. konstrukcyjno-budowlanej
do projektowania bez ograniczeń
Nr ewid. MAP/0015/PÓK/108

ZAŁ. 1 OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE SŁUP H = 5,0M L= 5,00M STREFA D (S-50)

1.1 Obciążenia zmienne

1.1.1 Obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4

Wysokosc polozenie ekranu w m n.p.m.

$$A := 100 \text{ m n.p.m.}$$

Strefa wiatrowa w jakiej znajduje sie ekran wg mapy str. 3 PN-EN 1991-1-4

$$\text{strefa} := 1$$

Okreslenie podstawowej wartosci bazowej predkosci wiatru w zaleznosci od strefy klimatycznej i wysokosci n.p.m

$$v_{b,01} := \begin{cases} 22 & \text{if strefa} = 1 \\ 26 & \text{if strefa} = 2 \\ 22 & \text{if strefa} = 3 \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad v_{b,02} := \begin{cases} 22 \cdot [1 + 0.0006 \cdot (A - 300)] & \text{if strefa} = 1 \\ 26 & \text{if strefa} = 2 \\ 22 \cdot [1 + 0.0006 \cdot (A - 300)] & \text{if strefa} = 3 \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$v_{b,0} := \begin{cases} v_{b,01} & \text{if } A \leq 300 \\ v_{b,02} & \text{if } A > 300 \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad v_{b,0} = 22 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{podstawowa wartosc bazowej predkosci wiatru}$$

Rozstaw slupow

$$L_{\text{slupow}} := 5\text{m}$$

Wysokosc przypory

$$h_{\text{przypory}} := 2.0\text{m}$$

Wysokosc ekranu nad poziomem gruntu (bez oktagonu)

$$z := 5.00\text{m}$$

Wartosc wspolczynnika sezonowego zalecana wg PN -EN 1991-1-4, załącznik krajowy NA.4 str. 2

$$c_{\text{season}} := 1$$

Wartosc wspolczynnika kierunkowego zalecana wg PN -EN 1991-1-4, załącznik krajowy NA.4 str. 2

$$c_{\text{dir}} := 1$$

Bazowa predkosc wiatru

$$v_b := v_{b,0} \cdot c_{\text{season}} \cdot c_{\text{dir}}$$

$$v_b = 22 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gęstość powietrza

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Wartość bazowa ciśnienia prędkości wiatru str. 25

$$q_b := 0.5\rho \cdot v_b^2 \qquad q_b = 0.303 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kategoria terenu wg PN-EN 1991-1-4 str. 20

$$\boxed{\text{kategoria} := 2}$$

Wartość współczynnika ekspozycji wg PN-EN 1991-1-4 str. 4

$$b := z + 4\text{m}$$

$$c_{e0} := 3 \cdot \left(\frac{\frac{b}{\text{m}}}{10} \right)^{0.17}$$

$$c_{e2} := 2.3 \cdot \left(\frac{\frac{b}{\text{m}}}{10} \right)^{0.24}$$

$$c_{e1} := 2.8 \cdot \left(\frac{\frac{b}{\text{m}}}{10} \right)^{0.19}$$

$$c_{e3} := 1.9 \cdot \left(\frac{\frac{b}{\text{m}}}{10} \right)^{0.26}$$

$$c_e := \begin{cases} c_{e0} & \text{if kategoria} = 0 \\ c_{e1} & \text{if kategoria} = 1 \\ c_{e2} & \text{if kategoria} = 2 \\ c_{e3} & \text{if kategoria} = 3 \\ 1.18 & \text{if kategoria} = 4 \\ \text{"błąd"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$c_e = 2.243$$

Wartość szczytowa ciśnienia wiatru str. 24

$$q_p := c_e \cdot q_b \qquad q_p = 0.678 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wartości $c_{p,\text{net}}$ dla stref A, B, C, D przy założeniach:

- stosunek $l/h > 10$, gdzie l to całkowita długość ekranu a h to jego wysokość str. 56
- wartość współczynnika wypełnienia $\rho = 1$ str. 74

$$c_{p,\text{netA}} := 3.4 \quad c_{p,\text{netB}} := 2.1 \quad c_{p,\text{netC}} := 1.7 \quad c_{p,\text{netD}} := 1.2$$

- Wartości charakterystyczne obciążenia wiatrem

$$q_{A.ch} := q_p \cdot c_{p.netA} \qquad q_{A.ch} = 2.306 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{B.ch} := q_p \cdot c_{p.netB} \qquad q_{B.ch} = 1.425 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{C.ch} := q_p \cdot c_{p.netC} \qquad q_{C.ch} = 1.153 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{D.ch} := q_p \cdot c_{p.netD} \qquad q_{D.ch} = 0.814 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

- Wartości obliczeniowe obciążenia wiatrem

$$\gamma := 1.5 \quad \text{wsp. obliczeniowy}$$

$$q_A := q_{A.ch} \cdot \gamma \qquad q_A = 3.46 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_B := q_{B.ch} \cdot \gamma \qquad q_B = 2.137 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_C := q_{C.ch} \cdot \gamma \qquad q_C = 1.73 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_D := q_{D.ch} \cdot \gamma \qquad q_D = 1.221 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

1.1.2 Obciążenie wg PN-EN 1794-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1 Właściwości mechaniczne i stateczność.

- Obciążenia dynamiczne spowodowane pojazdami wg normy: PN-EN 1794-1

a) ruch drogowy na otwartym powietrzu w odległości 1 m od ekranu przy prędkości maksymalnej 100 km/h $q = 650 \text{ Pa}$

b) ruch drogowy na otwartym powietrzu w odległości 3m od ekranu przy prędkości wyższej niż 120 km/h $q = 800 \text{ Pa}$

c) dwukierunkowy ruch drogowy w tunelu w odległości 1 m od urządzeń przeciwhałasowych przy prędkości maksymalnej 120 km/h $q = 1500 \text{ Pa}$

- Współczynnik obciążenia PN-EN 1794-1

dla ciężaru własnego $\gamma_{cw} := 1.35$

dla obciążenia wiatrem $\gamma_w := 1.5$

- Obciążenie od pojazdów charakterystyczne:

$$w_{ch.2} := 0.8 \frac{kN}{m^2} \quad w_{ch.2} = 0.8 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

- Obciążenie od pojazdów obliczeniowe:

$$w_{o.2} := w_{ch.2} \cdot \gamma_w \quad w_{o.2} = 1.2 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

1.1.3 Obciążenie dynamiczne związane z odsnieżaniem przy prędkości 50 km/h

$F_{snieg} := 10kN$ na powierzchni 2 m x 2 m na wysokości 1.5 m od jezdni

$$M_{snieg} := F_{snieg} \cdot 1.5m \quad M_{snieg} = 15 \cdot kNm$$

Zastępcze obciążenie powierzchniowe od odsnieżania

$L_{slupow} = 5 m$ rozstaw słupów

$T := 40$ $B := 0$

oktagon := B

T - występuje oktagon
B - brak oktagonu

$$h_{oktagon} := \begin{cases} 40 & \text{if oktagon} = T \\ 0 & \text{if oktagon} = B \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h_{oktagon} := h_{oktagon} \cdot cm \quad h_{oktagon} = 0 m$$

$H_{slupa} := z + h_{oktagon}$ wysokość słupów

$$H_{slupa} = 5 m$$

Obciążenie charakterystyczne

$$w_{ch.3} := \frac{M_{snieg}}{L_{slupow} \cdot H_{slupa}^2 \cdot 0.5} \quad w_{ch.3} = 0.24 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Obciążenie obliczeniowe

$$w_{0.3} := w_{ch.3} \cdot \gamma_w$$

$$w_{0.3} = 0.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.1.4 Wyznaczenie obciążenia wymiarującego

- charakterystyczne

$$w_{A.ch} := \max(q_{A.ch}, w_{ch.2}, w_{ch.3})$$

$$w_{A.ch} = 2.306 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{B.ch} := \max(q_{B.ch}, w_{ch.2}, w_{ch.3})$$

$$w_{B.ch} = 1.425 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{C.ch} := \max(q_{C.ch}, w_{ch.2}, w_{ch.3})$$

$$w_{C.ch} = 1.153 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{D.ch} := \max(q_{D.ch}, w_{ch.2}, w_{ch.3})$$

$$w_{D.ch} = 0.814 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- obliczeniowe

$$w_{A.o} := \max(q_A, w_{0.2}, w_{0.3})$$

$$w_{A.o} = 3.46 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{B.o} := \max(q_B, w_{0.2}, w_{0.3})$$

$$w_{B.o} = 2.137 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{C.o} := \max(q_C, w_{0.2}, w_{0.3})$$

$$w_{C.o} = 1.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{D.o} := \max(q_D, w_{0.2}, w_{0.3})$$

$$w_{D.o} = 1.221 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.2 Obciążenia stałe

1.2.1 Cieżar własny słupa

Słup HEA 160

$$C_{slupa} := 0.304 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$h := z + 0.1 \text{ m} \quad h = 5.1 \text{ m}$$

$$N_{1.ch} := C_{slupa} \cdot h + 0.5 \cdot C_{slupa} \cdot h_{przypory}$$

$$N_{1.ch} = 1.854 \cdot \text{kN}$$

$$N_{1.o} := N_{1.ch} \cdot 1.2$$

$$N_{1.o} = 2.225 \cdot \text{kN}$$

1.2.2 Cieżar wypełnienia

$$p_{ZS} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{panele akustyczne}$$

$$N_{2,\text{ch}} := H_{\text{slupa}} \cdot L_{\text{slupow}} \cdot p_{ZS} \quad N_{2,\text{ch}} = 12.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{2,\text{o}} := N_{2,\text{ch}} \cdot 1.2 \quad N_{2,\text{o}} = 15 \cdot \text{kN}$$

1.2.3 Oktagon

$$C_{\text{oktagon}} := 0.246 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{3,\text{ch}} := L_{\text{slupow}} \cdot C_{\text{oktagon}} \quad N_{3,\text{ch}} = 1.23 \cdot \text{kN}$$

$$N_{3,\text{o}} := N_{3,\text{ch}} \cdot 1.2 \quad N_{3,\text{o}} = 1.476 \cdot \text{kN}$$

T - występuje oktagon
B - brak oktagonu

$$\underline{N_{1,\text{ch}}} := \frac{N_{1,\text{ch}}}{\text{kN}} \quad \underline{N_{2,\text{ch}}} := \frac{N_{2,\text{ch}}}{\text{kN}} \quad \underline{N_{3,\text{ch}}} := \frac{N_{3,\text{ch}}}{\text{kN}}$$

$$N_{\text{stale.ch}} := \begin{cases} N_{1,\text{ch}} + N_{2,\text{ch}} + N_{3,\text{ch}} & \text{if oktagon} = T \\ N_{1,\text{ch}} + N_{2,\text{ch}} & \text{if oktagon} = B \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\underline{N_{\text{stale.ch}}} := N_{\text{stale.ch}} \cdot \text{kN} \quad N_{\text{stale.ch}} = 14.354 \cdot \text{kN}$$

$$\underline{N_{1,\text{o}}} := \frac{N_{1,\text{o}}}{\text{kN}} \quad \underline{N_{2,\text{o}}} := \frac{N_{2,\text{o}}}{\text{kN}} \quad \underline{N_{3,\text{o}}} := \frac{N_{3,\text{o}}}{\text{kN}}$$

$$N_{\text{stale.o}} := \begin{cases} N_{1,\text{o}} + N_{2,\text{o}} + N_{3,\text{o}} & \text{if oktagon} = T \\ N_{1,\text{o}} + N_{2,\text{o}} & \text{if oktagon} = B \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\underline{N_{\text{stale.o}}} := N_{\text{stale.o}} \cdot \text{kN} \quad N_{\text{stale.o}} = 17.225 \cdot \text{kN}$$

1.3 Wyznaczenie sił przekrojowych

1.3.1 Sily poziome przy podstawie slupa

- Siła pozioma działająca na panele, charakterystyczny, Strefa B

$$V_{B.ch} := H_{slupa} \cdot L_{slupow} \cdot w_{B.ch} \quad V_{B.ch} = 35.615 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele, obliczeniowy, Strefa B

$$V_{B.o} := H_{slupa} \cdot L_{slupow} \cdot w_{B.o} \quad V_{B.o} = 53.422 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele , charakterystyczny, Strefa D

$$V_{D.ch} := H_{slupa} \cdot L_{slupow} \cdot w_{D.ch} \quad V_{D.ch} = 20.351 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele , obliczeniowy, Strefa D

$$V_{D.o} := H_{slupa} \cdot L_{slupow} \cdot w_{D.o} \quad V_{D.o} = 30.527 \cdot \text{kN}$$

1.3.2 Momenty zginające przy podstawie słupa

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem charakterystyczny strefa B

$$M_{B.ch} := \frac{H_{slupa}}{2} \cdot V_{B.ch} \quad M_{B.ch} = 89.037 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem obliczeniowy strefa B

$$M_{B.o} := \frac{H_{slupa}}{2} \cdot V_{B.o} \quad M_{B.o} = 133.556 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem charakterystyczny strefa D

$$M_{D.ch} := \frac{H_{slupa}}{2} \cdot V_{D.ch} \quad M_{D.ch} = 50.878 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem obliczeniowy strefa D

$$M_{D.o} := \frac{H_{slupa}}{2} \cdot V_{D.o} \quad M_{D.o} = 76.317 \cdot \text{kNm}$$

1.3.3 Siły poziome w punkcie zmiany przekroju

- Siła pozioma działająca na panele, charakterystyczny, Strefa B

$$V_{B.ch.1} := (H_{slupa} - h_{przypory}) \cdot L_{slupow} \cdot w_{B.ch} \quad V_{B.ch.1} = 21.369 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele, obliczeniowy, Strefa B

$$V_{B.o.1} := (H_{slupa} - h_{przypory}) \cdot L_{slupow} \cdot w_{B.o} \quad V_{B.o.1} = 32.053 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele , charakterystyczny, Strefa D

$$V_{D.ch.1} := (H_{slupa} - h_{przypory}) \cdot L_{slupow} \cdot w_{D.ch} \quad V_{D.ch.1} = 12.211 \cdot \text{kN}$$

- Siła pozioma działająca na panele , obliczeniowy, Strefa D

$$V_{D.o.1} := (H_{slupa} - h_{przypory}) \cdot L_{slupow} \cdot w_{D.o} \quad V_{D.o.1} = 18.316 \cdot \text{kN}$$

1.3.4 Momenty zginające w punkcie zmiany przekroju

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem charakterystyczny strefa B

$$M_{B.ch.1} := \frac{H_{slupa} - h_{przypory}}{2} \cdot V_{B.ch.1} \quad M_{B.ch.1} = 32.053 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem obliczeniowy strefa B

$$M_{B.o.1} := \frac{H_{slupa} - h_{przypory}}{2} \cdot V_{B.o.1} \quad M_{B.o.1} = 48.08 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem charakterystyczny strefa D

$$M_{D.ch.1} := \frac{H_{slupa} - h_{przypory}}{2} \cdot V_{D.ch.1} \quad M_{D.ch.1} = 18.316 \cdot \text{kNm}$$

- Moment od wiatru działającego na panele wraz z oktagonem obliczeniowy strefa D

$$M_{D.o.1} := \frac{H_{slupa} - h_{przypory}}{2} \cdot V_{D.o.1} \quad M_{D.o.1} = 27.474 \cdot \text{kNm}$$

1.4 Sprawdzenie sztywności paneli

Pominięto sprawdzania sztywności paneli

1.5 Wymiarowanie

1.5.1 Charakterystyki przekroju prostego

$$f_d := 215 \text{MPa}$$

HEA 160

$$A_1 := 38.77 \text{cm}^2 \quad J_{x.1} := 1673 \text{cm}^4 \quad J_{y.1} := 615.6 \text{cm}^4$$

$$i_{x.1} := \sqrt{\frac{J_{x.1}}{A_1}} \quad i_{x.1} = 6.569 \cdot \text{cm} \quad i_{y.1} := \sqrt{\frac{J_{y.1}}{A_1}} \quad i_{y.1} = 3.985 \cdot \text{cm}$$

$$t_{w.1} := 6 \text{mm} \quad t_{f.1} := 9 \text{mm} \quad h_1 := 15.2 \text{cm} \quad b_{f.1} := 16 \text{cm}$$

$$W_{x,1} := \frac{J_{x,1}}{0.5 \cdot h_1} \quad W_{x,1} = 220.13 \cdot \text{cm}^3$$

1.5.2 Obliczenia czesci pojedynczej slupa

$$\frac{h_1 - 2 \cdot t_{f,1}}{t_{w,1}} = 22.333$$

$$\frac{b_{f,1} - t_{w,1}}{2 \cdot t_{f,1}} = 8.556$$

- Klasa srodnika

$$\text{klasa}_{sr} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{h_1 - 2 \cdot t_{f,1}}{t_{w,1}} < 33 \\ 2 & \text{if } 33 \leq \frac{h_1 - 2 \cdot t_{f,1}}{t_{w,1}} < 39 \\ 3 & \text{if } 39 \leq \frac{h_1 - 2 \cdot t_{f,1}}{t_{w,1}} < 42 \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{klasa srodnika}} \quad \text{klasa}_{sr} = 1$$

- Nosnosc przekroju na sciskanie

$$N_{R,1} := A_1 \cdot f_d$$

- Nosnosc przekroju na zginanie

$$M_{R,1a} := W_{x,1} \cdot f_d$$

- Nosnosc przekroju na scinanie

$$V_{R,1} := 0.58 \cdot t_{w,1} \cdot (h_1 - 2 \cdot t_{f,1}) \cdot f_d$$

- Zredukowa nosnosc na zginanie

$$M_{R,1b} := M_{R,1a} \cdot \left[1.1 - 0.3 \cdot \left(\frac{V_{B,0}}{V_{R,1}} \right)^2 \right]$$

$$\text{M}_{R,1b} := \frac{M_{R,1b}}{\text{kNm}}$$

$$0.6 \cdot V_{R,1} = 60.155 \cdot \text{kN}$$

- Klasa polki

$$\text{klasa}_{pl} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{b_{f,1} - t_{w,1}}{2 \cdot t_{f,1}} < 9 \\ 2 & \text{if } 9 \leq \frac{b_{f,1} - t_{w,1}}{2 \cdot t_{f,1}} < 10 \\ 3 & \text{if } 10 \leq \frac{b_{f,1} - t_{w,1}}{2 \cdot t_{f,1}} < 14 \\ \text{"blad"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{klasa polki}} \quad \text{klasa}_{pl} = 1$$

$$N_{R,1} = 833.555 \cdot \text{kN}$$

$$M_{R,1a} = 47.328 \cdot \text{kNm}$$

$$V_{R,1} = 100.259 \cdot \text{kN}$$

$$M_{R,1b} = 48.03 \cdot \text{kNm}$$

$$\text{M}_{R,1a} := \frac{M_{R,1a}}{\text{kNm}}$$

$$M_{R,1} := \begin{cases} M_{R,1b} & \text{if } 0.6V_{R,1} < V_{B,0} \\ M_{R,1a} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{Rx,1} := M_{Rx,1} \cdot \text{kNm}$$

$$M_{Rx,1} = 47.328 \cdot \text{kNm}$$

- Długość wyboczeniowa słupa

$$L_{\text{słupa}} := z - h_{\text{przypory}}$$

$$L_{\text{słupa}} = 3 \text{ m}$$

- Smukłość słupa

$$\lambda_x := \frac{2 \cdot L_{\text{słupa}}}{i_{x,1}}$$

$$\lambda_x = 91.338$$

$$\lambda_y := \frac{2 \cdot L_{\text{słupa}}}{i_{y,1}}$$

$$\lambda_y = 150.574$$

- Smukłość porównawcza

$$\lambda_p := 84 \cdot \sqrt{\frac{215 \text{ MPa}}{f_d}}$$

$$\lambda_p = 84$$

- Smukłość względna

$$\lambda_w := \frac{\lambda_y}{\lambda_p}$$

$$\lambda_w = 1.793$$

- Współczynnik wyboczeniowy

$n := 1.2$ dla dwuteowników szerokostopowych

$$\rho := \left(1 + \lambda_w^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}}$$

$$\rho = 0.259$$

- Współczynnik zwichrzenia

$$l_0 := L_{\text{słupa}}$$

$$l_0 = 3 \text{ m}$$

$$\beta := 1$$

$$\lambda_L := 0.045 \cdot \sqrt{\frac{l_0 \cdot h_1}{b_{f,1} \cdot t_{f,1}}} \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{f_d}{215 \text{ MPa}}}$$

$$\lambda_L = 0.801$$

$$n := 2.5$$

$$\rho_L := \left(1 + \lambda_L^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}}$$

$$\rho_L = 0.892$$

Dla strefy D

$$\frac{N_{\text{stale.o}}}{\rho \cdot N_{R,1}} + \frac{M_{D.o,1}}{\rho_L \cdot M_{Rx,1}} = 0.73$$

1.5.3 Ugięcia części pojedynczej

$$E := 205000 \text{ MPa}$$

$$f_D := \frac{w_{D, \text{ch}} \cdot L_{\text{slupa}}^4 \cdot L_{\text{slupow}}}{8 \cdot E \cdot J_{x,1}} \quad f_D = 1.202 \cdot \text{cm}$$

1.5.4 Charakterystyki przekroju złożonego

HEA 160 + 1/2 IPE 330

$$A_1 := 69.38 \text{ cm}^2$$

$$J_{x,1} := 9549 \text{ cm}^4$$

$$J_{y,1} := 1009 \text{ cm}^4$$

$$i_{x,1} := \sqrt{\frac{J_{x,1}}{A_1}}$$

$$i_{x,1} = 11.732 \cdot \text{cm}$$

$$i_{y,1} := \sqrt{\frac{J_{y,1}}{A_1}}$$

$$i_{y,1} = 3.814 \cdot \text{cm}$$

$$t_{w,1} := 6 \text{ mm}$$

$$t_{f,1} := 9 \text{ mm}$$

$$h_{1,1} := 31.7 \text{ cm}$$

$$b_{f,1} := 16 \text{ cm}$$

$$W_{x,1} := \frac{J_{x,1}}{16.82 \text{ cm}}$$

$$W_{x,1} = 567.72 \cdot \text{cm}^3$$

1.5.5 Obliczenia części pojedynczej słupa

- Nosność przekroju na ściskanie

$$N_{R,1,1} := A_1 \cdot f_d$$

$$N_{R,1,1} = 1491.67 \cdot \text{kN}$$

- Nosność przekroju na zginanie

$$M_{R,1,a} := W_{x,1} \cdot f_d$$

$$M_{R,1,a} = 122.059 \cdot \text{kNm}$$

- Nosność przekroju na ścinanie

$$V_{R,1} := 0.58 \cdot t_{w,1} \cdot (h_{1,1} - 2 \cdot t_{f,1}) \cdot f_d$$

$$V_{R,1} = 223.712 \cdot \text{kN}$$

- Zredukowana nosność na zginanie

$$M_{R,1,b} := M_{R,1,a} \cdot \left[1.1 - 0.3 \cdot \left(\frac{V_{B,0}}{V_{R,1}} \right)^2 \right]$$

$$M_{R,1,b} = 132.177 \cdot \text{kNm}$$

$$M_{R,1,b} := \frac{M_{R,1,b}}{\text{kNm}}$$

$$M_{R,1,a} := \frac{M_{R,1,a}}{\text{kNm}}$$

$$0.6 \cdot V_{R,1} = 134.227 \cdot \text{kN}$$

$$M_{R,1} := \begin{cases} M_{R,1,b} & \text{if } 0.6V_{R,1} < V_{B,0} \\ M_{R,1,a} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{R,1} := M_{R,1,a} \cdot \text{kNm}$$

$$M_{R,1} = 122.059 \cdot \text{kNm}$$

- Długość wyboczeniowa słupa

$$L_{slupa} := h_{przypory}$$

$$L_{slupa} = 2 \text{ m}$$

- Smukłość słupa

$$\lambda_x := \frac{2 \cdot L_{slupa}}{i_{x,1}}$$

$$\lambda_x = 34.096$$

$$\lambda_y := \frac{2 \cdot L_{slupa}}{i_{y,1}}$$

$$\lambda_y = 104.889$$

- Smukłość porównawcza

$$\lambda_p := 84 \cdot \sqrt{\frac{215 \text{ MPa}}{f_d}}$$

$$\lambda_p = 84$$

- Smukłość względna

$$\lambda_w := \frac{\lambda_y}{\lambda_p}$$

$$\lambda_w = 1.249$$

- Współczynnik wyboczeniowy

$$n := 1.2 \text{ dla dwuteowników szerokostopowych}$$

$$\rho := \left(1 + \lambda_w^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}}$$

$$\rho = 0.437$$

- Współczynnik zwichrzenia

$$l_0 := z$$

$$l_0 = 5 \text{ m}$$

$$\lambda_L := 0.045 \cdot \sqrt{\frac{l_0 \cdot h_1}{b_{f,1} \cdot t_{f,1}}} \cdot \beta \cdot \frac{f_d}{215 \text{ MPa}}$$

$$\lambda_L = 1.034$$

$$\beta := 1$$

$$n := 2.5$$

$$\rho_L := \left(1 + \lambda_L^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}}$$

$$\rho_L = 0.732$$

Dla strefy D

$$\frac{N_{stale.o}}{\rho \cdot N_{R,1.1}} + \frac{M_{D.o}}{\rho_L \cdot M_{R,1}} = 0.881$$

1.5.6 Ugięcie część wzmocnionej

$$E := 205000 \text{ MPa} \quad L_{\text{słupa}} = 2 \text{ m} \quad L_{\text{słupow}} = 5 \text{ m}$$

$$f_{D,1} := \frac{w_{D, \text{ch}} \cdot L_{\text{słupa}}^4 \cdot L_{\text{słupow}}}{8 \cdot E \cdot J_{x,1}} + \frac{V_{D, \text{ch},1} \cdot L_{\text{słupa}}^3}{3E \cdot J_{x,1}} \quad f_{D,1} = 2.079 \cdot \text{mm}$$

$$f_{\text{dop}} := \frac{L_{\text{słupa}}}{150} \quad f_{\text{dop}} = 1.333 \cdot \text{cm}$$

1.5.7 Ugięcie całkowite słupa

$$f_{\text{całkowiteD}} := f_D + f_{D,1} \quad f_{\text{całkowiteD}} = 1.4 \cdot \text{cm}$$

$$f_{\text{dop}} := \frac{z}{150} \quad f_{\text{dop}} = 3.333 \cdot \text{cm}$$

$$f_{\text{całkowiteD}} < f_{\text{dop}} = 1$$

1.6 Zakotwienie słupa w pału

1.6.1 Strefa D

$$M_{D, \text{ch}} = 50.878 \cdot \text{kNm} \quad V_{D, \text{ch}} = 20.351 \cdot \text{kN} \quad N_{\text{stale.ch}} = 14.354 \cdot \text{kN}$$

$$M_{D, \text{o}} = 76.317 \cdot \text{kNm} \quad V_{D, \text{o}} = 30.527 \cdot \text{kN} \quad N_{\text{stale.o}} = 17.225 \cdot \text{kN}$$

$$\text{PRZYJĘTO ZAKOTWIENIE SŁUPA} \quad d := 70 \text{ cm} \quad b_{f,1} = 16 \cdot \text{cm}$$

$$A_A := b_{f,1} \cdot d \quad A_A = 1.12 \times 10^3 \cdot \text{cm}^2$$

$$W_A := \frac{b_{f,1} \cdot d^2}{6} \quad W_A = 1.307 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$$

$$\sigma_1 := \frac{V_{D, \text{o}}}{A_A + A_A \cdot 0.7} + \frac{M_{D, \text{o}}}{W_A + W_A \cdot 0.7} \quad \sigma_1 = 3.596 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{V_{D, \text{o}}}{A_A + A_A \cdot 0.7} - \frac{M_{D, \text{o}}}{W_A + W_A \cdot 0.7} \quad \sigma_2 = -3.275 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma := \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|) \quad \sigma = 3.596 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{betonu}} := \frac{13.9 \text{ MPa}}{1.6} \quad \sigma_{\text{betonu}} = 8.688 \cdot \text{MPa} \quad \text{DLA C 25/30}$$

$$\sigma < \sigma_{\text{betonu}} = 1$$

1.6.2 SIŁA ROZRYWAJĄCA

$$H_A := \frac{M_{D,o}}{0.67 \cdot d} \quad H_A = 162.724 \cdot \text{kN}$$

NIEZBEDNE ZRBROJENIE

$Q_r := 420 \text{ MPa}$ DLA **STALI A-IIIN** $\phi := 12 \text{ mm}$

$$F_A := \frac{1.2 \cdot H_A}{2 \cdot Q_r} \quad F_A = 2.325 \cdot \text{cm}^2$$

Przyjęto w głowicy pała 3 **strzemiona # 12** $F_A = 4.52 \text{ cm}^2$

Sprawdzenie ILOSC STRZEMION $il := 3$

$$f_i := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad f_i = 1.131 \cdot \text{cm}^2 \quad il \cdot f_i = 3.393 \cdot \text{cm}^2 \quad F_A < il \cdot f_i = 1$$

1.6.3 ZAKOTWIENIE

$M_{D,o} = 76.317 \cdot \text{kNm}$ $\text{Zakotwienie} := d$ Zakotwienie = 0.7 m

$$\text{Sila} := \frac{M_{D,o}}{0.666 \text{ Zakotwienie}} \quad \text{Sila} = 163.701 \cdot \text{kN} \quad \text{Sila} < V_{R,1} = 1$$

1. OBLICZENIA Pale P-652(H5.0mL5.0m) otw.2

1.0. DANE OGÓLNE

Poziom "0" ekranu

$$R_0 := 248.80 \cdot \text{m}$$

Rzędna względna posadowienia

$$\Delta_{\text{pos}} := 0.0 \cdot \text{m}$$

Poziom góry pali

$$R_{\text{gp}} := R_0 + \Delta_{\text{pos}}$$

$$R_{\text{gp}} = 248.8 \text{ m}$$

Poziom niwelety

$$R_t := 248.80 \text{ m}$$

$$\Delta := R_t - R_{\text{gp}} \quad \Delta = 0 \text{ m}$$

1.1. WARUNKI GRUNTOWE

Warstwa 0 Nasypy niekontrol.

$$I_{L0} := 0.4$$

$$\gamma_{u0} := 17.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi_{u0} := 13 \cdot \text{deg}$$

$$C_{u0} := 10 \cdot \text{kPa}$$

$$h_{00} := 0.7 \cdot \text{m} \quad \text{miąższość całkowita warstwy nasypów}$$

$$R_{00} := R_t - h_{00} - \Delta \quad R_{00} = 248.1 \text{ m} \quad \text{Rzędna spągu warstwy}$$

Ustalenie pierwotnego poziomu terenu do obliczenia wartości "q" i "t"

$$\gamma_{\text{un}} := 18.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

jednostkowy ciężar objętościowy gruntu nośnego

$$h_z := \frac{0.65}{\gamma_{\text{un}}} \cdot \gamma_{u0} \cdot (R_t - R_{00}) \quad h_z = 0.44 \text{ m}$$

$$\text{Poziom zastępczy terenu pierwotnego} \quad R_{\text{pt}} := R_{00} + h_z \quad R_{\text{pt}} = 248.54 \text{ m}$$

$$h_0 := R_{\text{gp}} - R_{00} \quad h_0 = 0.7 \text{ m} \quad \text{miąższość warstwy geotechnicznej liczonej od góry pala}$$

$$t_{00} := -5 \cdot \text{kPa} \quad \text{tarcie negatywne gruntu}$$

$$tg_{\alpha 00} := \text{if}(I_{L0} < 0, 0.105, \text{if}(I_{L0} \leq 0.50, 0.07, 0.017))$$

$$tg_{\alpha 00} := \text{if}(t_{00} > 0 \cdot \text{kPa}, tg_{\alpha 00}, 0.0) \quad tg_{\alpha 00} = 0.000 \quad \text{tangens kąta wg Tablicy 7 PN-83/B-02482}$$

$$h_{0d} := \text{if}(h_0 \geq 0, h_z, -h_z) \quad h_{0d} = 0.44 \text{ m} \quad \text{głębokość spągu warstwy od poziomu terenu}$$

Warstwa 1 - glina pylasta

$$I_{L1} := 0.1$$

$$\gamma_{u1} := 20.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi_{u1} := 16 \cdot \text{deg}$$

$$C_{u1} := 20 \cdot \text{kPa}$$

$$h_1 := 0.9 \cdot \text{m} \quad \text{całkowita miąższość warstwy} \quad R_1 := R_t - h_{00} - h_1 - \Delta \quad R_1 = 247.2 \text{ m} \quad \text{Rzędna spągu warstwy}$$

$$h_1 := \text{if}(h_0 \geq 0 \cdot \text{m}, h_1, R_{\text{gp}} - R_1) \quad h_1 = 0.9 \text{ m} \quad \text{miąższość warstwy licząc od góry pala}$$

$$t_{01} := 46.2 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu wzdłuż pobocznic dla głębokości 5.0m poniżej terenu}$$

$$q_{01} := 1730 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu pod podstawą pala}$$

$$tg_{\alpha 01} := \text{if}(I_{L1} < 0, 0.105, \text{if}(I_{L1} \leq 0.50, 0.07, 0.017))$$

$$tg_{\alpha 01} := \text{if}(t_{01} > 0 \cdot \text{kPa}, tg_{\alpha 01}, 0.0) \quad tg_{\alpha 01} = 0.070 \quad \text{tangens kąta wg Tablicy 7 PN-83/B-02482}$$

$$h_{1g} := R_{\text{pt}} - R_1 - h_1 \quad h_{1g} = 0.44 \text{ m} \quad \text{głębokość stropu warstwy od poziomu zastępczego terenu}$$

$$h_{1d} := R_{\text{pt}} - R_1 \quad h_{1d} = 1.34 \text{ m} \quad \text{głębokość spodu warstwy od poziomu zastępczego terenu}$$

$$t_{1g} := \frac{h_{1g} \cdot t_{01}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{1g} = 4.05 \cdot \text{kPa} \quad t_{1d} := \frac{h_{1d} \cdot t_{01}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{1d} = 12.36 \cdot \text{kPa} \quad t_1 := 0.5 \cdot (t_{1g} + t_{1d}) \quad t_1 = 8.2 \cdot \text{kPa}$$

$$t_1 := \text{if}(t_1 > t_{01}, t_{01}, t_1) \quad t_1 = 8.2 \cdot \text{kPa} \quad \text{średnia wartość jednostkowego oporu gruntu wzdłuż pobocznic}$$

Warstwa 2 - il pylasty

$$I_{L2} := 0.2$$

$$\gamma_{u2} := 20.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi_{u2} := 10 \cdot \text{deg}$$

$$C_{u2} := 50 \cdot \text{kPa}$$

$$h_{11} := 0.8 \cdot \text{m} \quad \text{całkowita miąższość warstwy} \quad R_{11} := R_1 - h_{11} \quad R_{11} = 246.4 \text{ m} \quad \text{Rzędna spągu warstwy}$$

$$h_2 := \text{if}(h_1 \geq 0 \cdot \text{m}, h_{II}, R_{gp} - R_{II}) \quad h_2 = 0.8 \text{ m} \quad \text{miąższość warstwy licząc od góry pala}$$

$$t_{02} := 40.0 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu wzdłuż pobocznic dla głębokości 5.0m poniżej terenu}$$

$$q_{02} := 1490 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu pod podstawą pala}$$

$$tg_{\alpha 02} := \text{if}(I_{L2} < 0, 0.105, \text{if}(I_{L2} \leq 0.50, 0.07, 0.017))$$

$$tg_{\alpha 02} := \text{if}(t_{02} > 0 \cdot \text{kPa}, tg_{\alpha 02}, 0.0) \quad tg_{\alpha 02} = 0.070 \quad \text{tangens kąta wg Tablicy 7 PN-83/B-02482}$$

$$h_{2g} := R_{pt} - R_{II} - h_2 \quad h_{2g} = 1.34 \text{ m} \quad \text{głębokość stropu warstwy od zastępczego poziomu terenu}$$

$$h_{2d} := R_{pt} - R_{II} \quad h_{2d} = 2.14 \text{ m} \quad \text{głębokość spodu warstwy od zastępczego poziomu terenu}$$

$$t_{2g} := \frac{h_{2g} \cdot t_{02}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{2g} = 10.7 \cdot \text{kPa} \quad t_{2d} := \frac{h_{2d} \cdot t_{02}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{2d} = 17.1 \cdot \text{kPa} \quad t_2 := 0.5 \cdot (t_{2g} + t_{2d}) \quad t_2 = 13.9 \cdot \text{kPa}$$

$$t_2 := \text{if}(t_2 > t_{02}, t_{02}, t_2) \quad t_2 = 13.9 \cdot \text{kPa} \quad \text{średnia wartość jednostkowego oporu gruntu wzdłuż pobocznic dla warstwy}$$

Warstwa 3 - il pylasty

$$I_{L3} := 0.0$$

$$\gamma_{u3} := 20.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi_{u3} := 6 \cdot \text{deg}$$

$$C_{u3} := 55 \cdot \text{kPa}$$

$$h_{III} := 1.6 \cdot \text{m} \quad \text{całkowita miąższość warstwy} \quad R_{III} := R_{II} - h_{III} \quad R_{III} = 244.8 \text{ m} \quad \text{Rzędna spagu warstwy}$$

$$h_3 := \text{if}(h_2 \geq 0 \cdot \text{m}, h_{III}, R_{gp} - R_{III}) \quad h_3 = 1.6 \text{ m} \quad \text{miąższość warstwy licząc od góry pala}$$

$$t_{03} := 50.0 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu wzdłuż pobocznic dla głębokości 5.0m poniżej terenu}$$

$$q_{03} := 1950 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu pod podstawą pala}$$

$$tg_{\alpha 03} := \text{if}(I_{L3} < 0, 0.105, \text{if}(I_{L3} \leq 0.50, 0.07, 0.017))$$

$$tg_{\alpha 03} := \text{if}(t_{03} > 0 \cdot \text{kPa}, tg_{\alpha 03}, 0.0) \quad tg_{\alpha 03} = 0.070 \quad \text{tangens kąta wg Tablicy 7 PN-83/B-02482}$$

$$h_{3g} := R_{pt} - R_{III} - h_2 \quad h_{3g} = 2.94 \text{ m} \quad \text{głębokość stropu warstwy od poziomu zastępczego terenu}$$

$$h_{3d} := R_{pt} - R_{III} \quad h_{3d} = 3.74 \text{ m} \quad \text{głębokość spodu warstwy od poziomu zastępczego terenu}$$

$$t_{3g} := \frac{h_{3g} \cdot t_{03}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{3g} = 29.38 \cdot \text{kPa} \quad t_{3d} := \frac{h_{3d} \cdot t_{03}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{3d} = 37.38 \cdot \text{kPa} \quad t_3 := 0.5 \cdot (t_{3g} + t_{3d}) \quad t_3 = 33.38 \cdot \text{kPa}$$

$$t_3 := \text{if}(t_3 > t_{03}, t_{03}, t_3) \quad t_3 = 33.38 \cdot \text{kPa} \quad \text{średnia wartość jednostkowego oporu gruntu wzdłuż pobocznic}$$

Warstwa 4 - il

$$I_{L4} := 0.0$$

$$\gamma_{u4} := 20.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi_{u4} := 6 \cdot \text{deg}$$

$$C_{u4} := 55 \cdot \text{kPa}$$

$$h_{IV} := 2.0 \cdot \text{m} \quad \text{całkowita miąższość warstwy} \quad R_{IV} := R_{III} - h_{IV} \quad R_{IV} = 242.8 \text{ m} \quad \text{Rzędna spagu warstwy}$$

$$h_4 := \text{if}(h_3 \geq 0 \cdot \text{m}, h_{IV}, R_{gp} - R_{IV}) \quad h_4 = 2 \text{ m} \quad \text{miąższość warstwy licząc od góry pala}$$

$$t_{04} := 50.0 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu wzdłuż pobocznic dla głębokości 5.0m poniżej terenu}$$

$$q_{04} := 1950 \cdot \text{kPa} \quad \text{jednostkowy graniczny opór gruntu pod podstawą pala wg GEOPROJEKT}$$

$$tg_{\alpha 04} := \text{if}(I_{L4} < 0, 0.105, \text{if}(I_{L4} \leq 0.50, 0.07, 0.017))$$

$$tg_{\alpha 04} := \text{if}(t_{04} > 0 \cdot \text{kPa}, tg_{\alpha 04}, 0.0) \quad tg_{\alpha 04} = 0.070 \quad \text{tangens kąta wg Tablicy 7 PN-83/B-02482}$$

$$h_{4g} := R_{pt} - R_{IV} - h_4 \quad h_{4g} = 3.74 \text{ m} \quad \text{głębokość stropu warstwy od zastępczego poziomu terenu}$$

$$h_{4d} := R_{pt} - R_{IV} \quad h_{4d} = 5.74 \text{ m} \quad \text{głębokość spodu warstwy od zastępczego poziomu terenu}$$

$$t_{4g} := \frac{h_{4g} \cdot t_{04}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{4g} = 37.38 \cdot \text{kPa} \quad t_{4d} := \frac{h_{4d} \cdot t_{04}}{5.0 \cdot \text{m}} \quad t_{4d} = 57.38 \cdot \text{kPa} \quad t_4 := 0.5 \cdot (t_{4g} + t_{4d}) \quad t_4 = 47.38 \cdot \text{kPa}$$

$$t_4 := \text{if}(t_4 > t_{04}, t_{04}, t_4) \quad t_4 = 47.38 \cdot \text{kPa} \quad \text{średnia wartość jednostkowego oporu gruntu wzdłuż pobocznic dla warstwy}$$

1.2. OBCIĄŻENIA

1.2.1 Dane geometryczne

$D_p := 60 \cdot \text{cm}$	średnica pala	$n_x := 1$	ilość pali w kierunku "X"
$h_p := 5.2 \text{ m}$	długość całkowita pala	$n_y := 1$	ilość pali w kierunku "Y"
$n_p := 1$	ilość pali pod fundamentem	$n_z := 1$	ilość pali pod fundamentem
$r_p := 5.0 \text{ m}$	rozstaw pali		

$$A_p := \pi \cdot \frac{D_p^2}{4} \quad A_p = 0.28 \text{ m}^2 \quad \text{pole przekroju pala}$$
$$F_p := \pi \cdot D_p \quad F_p = 1.88 \text{ m} \quad \text{Obwód poboczniczy pala}$$
$$J_p := \pi \cdot \frac{D_p^4}{64} \quad J_p = 6.36 \times 10^5 \cdot \text{cm}^4 \quad \text{moment bezwładności przekroju pala}$$

1.2.2 Ciężar własny pala

$$\gamma_b := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{ciężar objętościowy betonu} \quad \gamma_{f1} := 1.1 \quad \gamma_{f10} := 0.90 \quad \text{współczynniki obciążenia}$$
$$G_p := h_p \cdot A_p \cdot \gamma_b \cdot \gamma_{f1} \quad G_p = 40.43 \cdot \text{kN} \quad \text{ciężar własny pala}$$

1.2.3 Obciążenie na fundament z konstrukcji obiektu

$$V_s := 17.2 \cdot \text{kN} \quad \text{siła obliczeniowa ze słupa}$$
$$H_w := 30.5 \text{ kN} \quad H = 30.5 \cdot \text{kN} \quad \text{wartość obliczeniowa wypadkowej poziomej}$$
$$H_k := \frac{H}{1.50} \quad H_k = 20.33 \cdot \text{kN} \quad \text{wartość charakterystyczna wypadkowej poziomej}$$
$$M := 76.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{obliczeniowy moment w utwierdzeniu}$$

1.2.4 Ciężary dodatkowe na 1 pal

DANE MATERIAŁOWE
Beton B25 dla pali

$$\gamma_b := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{ciężar objętościowy} \quad \gamma_{f1} := 1.1 \quad \gamma_{f10} := 0.90 \quad \text{współczynniki obciążenia}$$
$$E := 32.0 \cdot 10^6 \text{ kPa} \quad \text{współczynnik sprężystości}$$

OBCIĄŻENIE CIĘŻARAMI WŁASNYMI I OBCIĄŻENIEM UŻYTKOWYM NA PAL

$$G_p := h_p \cdot A_p \cdot \gamma_b \quad G_p = 36.76 \cdot \text{kN} \quad \text{ciężar własny pala}$$
$$G := G_p \cdot \gamma_{f1} \quad G = 40 \cdot \text{kN} \quad \text{całkowite obciążenie dodatkowe na 1 PAL}$$

1.3. OBLICZENIE NOŚNOŚCI PALA

1.3.1 Ustalenie współpracy pala w grupie

$$h_0 := \text{if}(h_0 > 0 \cdot \text{m}, h_0, 0 \cdot \text{m}) \quad h_0 = 0.7 \text{ m} \quad h_1 := \text{if}(h_1 > 0 \cdot \text{m}, h_1, 0 \cdot \text{m}) \quad h_1 = 0.9 \text{ m}$$
$$h_2 := \text{if}(h_2 > 0 \cdot \text{m}, h_2, 0 \cdot \text{m}) \quad h_2 = 0.8 \text{ m} \quad h_3 := \text{if}(h_3 > 0 \cdot \text{m}, h_3, 0 \cdot \text{m}) \quad h_3 = 1.6 \text{ m}$$
$$h_4 := \text{if}(h_4 > 0 \cdot \text{m}, h_4, 0 \cdot \text{m}) \quad h_4 = 2 \text{ m}$$
$$h_{4z} := h_p - h_0 - h_1 - h_2 - h_3 \quad h_{4z} = 1.2 \text{ m} \quad \text{zagłębienie pala w ostatniej warstwie}$$

$$R_p := R_{gp} - h_p \quad R_p = 243.6 \text{ m} \quad \text{rzędna spodu pała}$$

$$R_{\text{wv}} := \frac{D_p}{2} + (h_0 \cdot \text{tg}_{\alpha 00} + h_1 \cdot \text{tg}_{\alpha 01} + h_2 \cdot \text{tg}_{\alpha 02} + h_3 \cdot \text{tg}_{\alpha 03} + h_{4z} \cdot \text{tg}_{\alpha 04})$$

$$R = 0.62 \text{ m} \quad \frac{r_p}{R} = 8.13$$

$$m_1 := \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 1.85, 1, \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 1.55, 0.95, \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 1.3, 0.9, \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 1.1, 0.8, \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 0.9, 0.7, \text{if}\left(\frac{r_p}{R} \geq 0.7, 0.6, 0.45\right)\right)\right)\right)\right)\right)\right)$$

$m_1 = 1$ wg tablicy 8 PN-83/B-02482

1.3.2 Obliczenia nośności pionowej pała

Wartości współczynników

współczynnik technologiczny dla pobocznic	$S_s := 1.15$	
współczynnik technologiczny dla podstawy	$S_p := 1.10$	
współczynnik materiałowy	$\gamma_{mN} := 0.9$	dla warstw nośnych
współczynnik materiałowy	$\gamma_{mS} := 1.1$	dla warstw nienośnych
$\gamma_{m0} := \text{if}(t_{00} > 0 \cdot \text{kPa}, \gamma_{mN}, \gamma_{mS})$	$\gamma_{m0} = 1.1$	współczynnik dla warstwy 0
$\gamma_{m1} := \text{if}(t_1 > 0 \cdot \text{kPa}, \gamma_{mN}, \gamma_{mS})$	$\gamma_{m1} = 0.9$	współczynnik dla warstwy 1
$\gamma_{m2} := \text{if}(t_2 > 0 \cdot \text{kPa}, \gamma_{mN}, \gamma_{mS})$	$\gamma_{m2} = 0.9$	współczynnik dla warstwy 2
$\gamma_{m3} := \text{if}(t_3 > 0 \cdot \text{kPa}, \gamma_{mN}, \gamma_{mS})$	$\gamma_{m3} = 0.9$	współczynnik dla warstwy 3
$\gamma_{m4} := \text{if}(t_4 > 0 \cdot \text{kPa}, \gamma_{mN}, \gamma_{mS})$	$\gamma_{m4} = 0.9$	współczynnik dla warstwy 4

Ustalenie jednostkowego charakterystycznego oporu granicznego gruntu pod podstawą pała

- głębokość krytyczna $h_c := 10 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{D_p}{0.4 \cdot m}}$ $h_c = 12.25 \text{ m}$
- pał wiercony - głębokość krytyczna zwiększona $h_{cx} := 1.30 \cdot h_c$ $h_{cx} = 15.92 \text{ m}$
- głębokość pierwotnego poziomu terenu ponad podstawę pała $h_t := R_{pt} - R_p$ $h_t = 4.94 \text{ m}$
- jednostkowy charakterystyczny opór graniczny gruntu pod podstawą pała dla gruntu niespoistego
 $q := q_{04}$ $q = 1950 \cdot \text{kPa}$ wg PN-83/B-02482 na głębokości krytycznej

- na głębokości 10m $q_{10} := q \cdot \sqrt{\frac{0.4 \cdot m}{D_p}}$ $q_{10} = 1592.17 \cdot \text{kPa}$

- dla głębokości poniżej 10m $q_{p1} := q_{10} \cdot \frac{h_t}{10 \cdot m}$ $q_{p1} = 786 \cdot \text{kPa}$

- dla głębokości powyżej 10m $q_{p2} := q_{10} + (q - q_{10}) \cdot \frac{(h_t - 10 \cdot m)}{(h_{cx} - 10 \cdot m)}$
 $q_{p2} := \text{if}(q_{p2} < q, q_{p2}, q)$ $q_{p2} = 1286.27 \cdot \text{kPa}$

- pod podstawą pała $q_p := \text{if}(h_t < 10 \cdot m, q_{p1}, q_{p2})$ $q_p = 786 \cdot \text{kPa}$

$N_p := \gamma_{mN} \cdot S_p \cdot q_p \cdot A_p$ $N_p = 220.06 \cdot \text{kN}$ **nośność podstawy**

-obliczenie nośności pobocznic

$$N_s := m_1 \cdot S_s \cdot (t_{00} \cdot h_0 + t_1 \cdot h_1 + t_2 \cdot h_2 + t_3 \cdot h_3 + t_4 \cdot h_{4z}) \cdot F_p$$

$$N_s = 271.53 \cdot \text{kN} \quad \text{nośność pobocznic}$$

- Obliczenie całkowitej nośności pionowej pala

$$N_w := N_s + N_p \quad N = 491.6 \cdot \text{kN}$$

łączy unios pala

$$m_2 := \text{if}(n_p = 1, 0.7, \text{if}(n_p = 2, 0.8, 0.9)) \quad m_2 = 0.7 \quad \text{współczynnik wg pn. 2.1 PN-83/B-02482}$$

$$N_p := m_2 \cdot N - G_p$$

$$N_p = 307 \cdot \text{kN}$$

maksymalne obciążenie przenoszone przez pal

$$Q_{rmax} := \frac{V_s}{n_p} + G_p \quad Q_{rmax} = 54 \cdot \text{kN}$$

obciążenie obliczeniowe działające na pal

$$D_p = 60 \cdot \text{cm}$$

$$h_p = 5.2 \cdot \text{m}$$

Warunek nośności pionowej spełniony

1.3.3 Obliczenia nośności poziomej pala

1.3.3.1 Ustalenie rodzaju pracy pala

Wartości współczynników

współczynnik zależny od sposobu wprowadzania pala w grunt wg Tab. 11 PN-83/B-02482

$$S_n := 1.1$$

Wyznaczenie wartości średnicy zastępczej

$$D := \text{if}(D_p > 1.0 \cdot \text{m}, 1\text{m}, D_p) \quad D = 0.6 \cdot \text{m}$$

Wyznaczenie wartości współczynnika podatności bocznej gruntu

-warstwa 0	$\gamma_0 := \frac{\gamma_{u0}}{\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}$	$\gamma_0 = 17.8$	$k_{x0} := S_n \cdot \left(750 \cdot I_{D0}^2 + 225 \cdot I_{D0} + 150 \right) \cdot \frac{\gamma_0}{D}$	
			$k_{x0} := 9600 \cdot \frac{(1 - I_{L0})}{D} \cdot S_n$	$k_{x0} = 10560$

-warstwa 1	$\gamma_1 := \frac{\gamma_{u1}}{\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}$	$\gamma_1 = 20.5$	$k_{x1} := S_n \cdot \left(750 \cdot I_{D1}^2 + 225 \cdot I_{D1} + 150 \right) \cdot \frac{\gamma_1}{D}$	
			$k_{x1} := 9600 \cdot \frac{(1 - I_{L1})}{D} \cdot S_n$	$k_{x1} = 15840$

-warstwa 2	$\gamma_2 := \frac{\gamma_{u2}}{\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}$	$\gamma_2 = 20$	$k_{x2} := S_n \cdot \left(750 \cdot I_{D2}^2 + 225 \cdot I_{D2} + 150 \right) \cdot \frac{\gamma_2}{D}$	
			$k_{x2} := 9600 \cdot \frac{(1 - I_{L2})}{D} \cdot S_n$	$k_{x2} = 14080$

-warstwa 3	$\gamma_3 := \frac{\gamma_{u3}}{\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}$	$\gamma_3 = 20.5$	$k_{x3} := S_n \cdot \left(750 \cdot I_{D3}^2 + 225 \cdot I_{D3} + 150 \right) \cdot \frac{\gamma_3}{D}$	
			$k_{x3} := 9600 \cdot \frac{(1 - I_{L3})}{D} \cdot S_n$	$k_{x3} = 17600$

-warstwa 4	$\gamma_4 := \frac{\gamma_{u4}}{\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}$	$\gamma_4 = 20.5$	$k_{x4} := S_n \cdot \left(750 \cdot I_{D4}^2 + 225 \cdot I_{D4} + 150 \right) \cdot \frac{\gamma_4}{D}$	
			$k_{x4} := 9600 \cdot \frac{(1 - I_{L4})}{D} \cdot S_n$	$k_{x4} = 17600$

$$k_x := \text{if}(h_0 > 0 \cdot \text{m}, \min(k_{x0}, k_{x1}, k_{x2}, k_{x3}, k_{x4}), \min(k_{x1}, k_{x2}, k_{x3}, k_{x4}))$$

$$k_x := k_x \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_x = 10560 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Obliczenie zagłębienia sprężystego pala w gruncie - dla minimalnego k_x

$n := 1$ wykładnik potęgi dla gruntów niespoistych i spoistych normalnie skonsolidowanych

$h := h_p$ $h = 5.2 \text{ m}$ zagłębienie pała w gruncie

$J_1 := \pi \cdot \frac{D^4}{64}$ $J_1 = 6.36 \times 10^5 \cdot \text{cm}^4$ moment bezwładności

$h_s := \sqrt[5]{\frac{4 \cdot E \cdot J_p}{k_x \cdot D} \cdot h^1}$ $h_s = 3.67 \text{ m}$ zagłębienie sprężyste pała dla najsłabszej warstwy

Ustalenie głębokości zalegania najsłabszej warstwy

$h_{\min} := H_{II}$ $h_{\min} = 2.4 \text{ m}$ $0.5 \cdot h_s = 1.84 \text{ m}$

$K_x := \text{if}(h_{\min} < 0.5 \cdot h_s, \text{"najsłabsza warstwa"}, \text{"wartość średnia"})$ $K_x = \text{"wartość średnia"}$

OBLICZENIE ŚREDNIEJ WARTOŚCI k_x

$h_{3s} := h_s - h_0 - h_1 - h_3$ $h_{3s} = 0.47 \text{ m}$ zagłębienie sprężyste w ostatniej warstwie

$k_{xsr} := \frac{k_{x0} \cdot h_0 + k_{x1} \cdot h_1 + k_{x2} \cdot h_2 + k_{x3} \cdot h_{3s}}{h_s}$ $k_{xsr} := k_{xsr} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
 $k_{xsr} = 11227 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ wartość średnia współczynnika podatności bocznej gruntu na głębokości h_s

$k_x := \text{if}(K_x = \text{"najsłabsza warstwa"}, k_x, k_{xsr})$ $k_x = 11227 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
 $h_s := \sqrt[5]{\frac{4 \cdot E \cdot J_p}{k_x \cdot D} \cdot h^1}$ $h_s = 3.63 \text{ m}$ zagłębienie sprężyste pała

$h_u := 0.4 \cdot h_s$ $h_u = 1.45 \text{ m}$ głębokość utwierdzenia

Ustalenie rodzaju pracy pała $3 \cdot h_s = 10.88 \text{ m}$ $1.5 \cdot h_s = 5.44 \text{ m}$ $h = 5.2 \text{ m}$

$RP := \text{if}(h \geq 3 \cdot h_s, \text{"pał wiotki"}, \text{if}(h < 1.5 \cdot h_s, \text{"pał sztywny"}, \text{"pał pośredni"}))$ $RP = \text{"pał sztywny"}$

3.3.4 OBLICZENIA WG PAŁA SZTYWNEGO

Ustalenie sposobu określenia nośności bocznej gruntu uwarstwionego

$NB := \text{if}(h_{\min} \leq \frac{h_p}{3}, \text{"najsłabsza warstwa"}, \text{"wartość średnia"})$ $NB = \text{"wartość średnia"}$

WARTOŚCI PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH DLA NAJSŁABSZEJ WARSTWY

$\phi_u := \phi_{u2}$ $\phi_r := 0.8 \cdot S_n \cdot \phi_u$ $\phi_r = 8.8 \cdot \text{deg}$ wartość obliczeniowa kąta tarcia wewnętrznego

$\gamma_u := \gamma_{u2}$ $\gamma_r := 0.9 \cdot S_n \cdot \gamma_u$ $\gamma_r = 19.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ wartość obliczeniowa ciężaru objętościowego

$C_u := C_{u2}$ $C_r := 0.5 \cdot C_u$ $C_r = 25 \cdot \text{kPa}$ wartość obliczeniowa kohezji

OBLICZENIE ŚREDNICH WARTOŚCI PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH

$\phi_{sr} := 0.8 \cdot S_n \cdot \left(\frac{\phi_{u0} \cdot h_{u0} + \phi_{u1} \cdot h_1 + \phi_{u2} \cdot h_2 + \phi_{u3} \cdot h_3 + \phi_{u4} \cdot h_{4z}}{h_p} \right)$ $\phi_{sr} = 8.17 \cdot \text{deg}$

$$\gamma_{sr} := 0.9 \cdot S_n \cdot \left(\frac{\gamma_{u0} \cdot h_{00} + \gamma_{u1} \cdot h_1 + \gamma_{u2} \cdot h_2 + \gamma_{u3} \cdot h_3 + \gamma_{u4} \cdot h_{4z}}{h_p} \right)$$

$$\gamma_{sr} = 19.86 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$C_{sr} := 0.5 \cdot \left(\frac{C_{u0} \cdot h_{00} + C_{u1} \cdot h_1 + C_{u2} \cdot h_2 + C_{u3} \cdot h_3 + C_{u4} \cdot h_{4z}}{h_p} \right)$$

$$C_{sr} = 21.06 \cdot \text{kPa}$$

WARTOŚCI PARAMETRÓW GRUNTOWYCH PRZYJĘTYCH DO OBLICZEŃ

$$\phi_r := \text{if}(\text{NB} = \text{"najslabsza warstwa"}, \phi_r, \phi_{sr})$$

$$\phi_r = 8.2 \cdot \text{deg}$$

$$\gamma_r := \text{if}(\text{NB} = \text{"najslabsza warstwa"}, \gamma_r, \gamma_{sr})$$

$$\gamma_r = 19.86 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$C_r := \text{if}(\text{NB} = \text{"najslabsza warstwa"}, C_r, C_{sr})$$

$$C_r = 21.1 \cdot \text{kPa}$$

$$\frac{h_p}{D} = 8.67$$

$$N_q := 1.0$$

$$N_c := 7.7$$

$$\beta_q := 0.27$$

$$\beta_c := 0.38$$

$$S_q := 1 + \frac{D}{D} \cdot \beta_q$$

$$S_q = 1.27$$

$$S_c := 1 + \frac{D}{D} \cdot \beta_c$$

$$S_c = 1.38$$

$$h_H := \frac{M}{H}$$

$$h_H = 2.5 \text{ m}$$

wysokość zaczepienia siły poziomej nad górą pala

$$\frac{h_H}{h_p} = 0.48$$

$$i_q := 0.024$$

$$i_c := 0.06$$

$$H_f := \gamma_r \cdot D \cdot h_p^2 \cdot N_q \cdot i_q \cdot S_q + C_r \cdot D \cdot h_p \cdot N_c \cdot i_c \cdot S_c \quad H_f = 51.71 \cdot \text{kN} \quad \text{łączny unios pala}$$

$$H_r := 0.7 \cdot H_f$$

$$H_r = 36.2 \cdot \text{kN}$$

maksymalna siła pozioma przenoszona przez pal jak dla pala sztywnego

$$H_p := \frac{H}{n_p}$$

$$H_p = 30.5 \cdot \text{kN}$$

maksymalna siła pozioma na pal

$$H_r \geq H_p = 1$$

Warunek nośności bocznej spełniony

Obliczenie przemieszczenia głowicy pala (głowica nieutwardzona)

$$H_n := \frac{H_k}{n_p}$$

$$H_n = 20.33 \cdot \text{kN}$$

charakterystyczna siła pozioma na pal

$$y_s := \frac{18 H_n \cdot \left(1 + 1.33 \cdot \frac{h_H}{h} \right)}{h^2 \cdot k_x}$$

$$y_s = 0.2 \cdot \text{cm}$$

- dla gruntu niespoistego

$$y_d := 1 \text{ cm}$$

przemieszczenie dopuszczalne

$$y_s \leq y_d = 1$$

Warunek przemieszczeń spełniony

Obliczenie momentu zginającego w palu sztywnym

$$M_{\max_s} := H_p \cdot (h_H + h_u)$$

$$M_{\max_s} = 120.56 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M := M_{\max_s}$$

$$M = 121 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

moment do wymiarowania pala

$$V_{\max} := Q_{r\max} - G_p \cdot \gamma_{f1}$$

$$V_{\max} = 14 \cdot \text{kN}$$

siła pionowa do wymiarowania pala

$$e_n := \text{if} \left(n_p = 1, 10 \cdot \text{cm}, \text{if} \left(n_p = 2, 5 \cdot \text{cm}, \max \left(0.1 \cdot D_p, \frac{h_p}{600} \right) \right) \right)$$

$$e_n = 10 \cdot \text{cm} \quad \text{mimośród niezamierzony}$$