

Moduł

Ściana oporowa kątowa

Spis treści

260.	ŚCIANA OPOROWA KĄTOWA.....	3
260.1.	WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
260.2.	OPIS OGÓLNY PROGRAMU	4
260.2.1.	<i>Sprawdzenie nośności gruntu</i>	4
260.2.2.	<i>Wymiarowanie</i>	4
260.2.3.	<i>Stateczność</i>	4
260.2.4.	<i>Osiadanie</i>	5
260.2.5.	<i>Parcia na ścianę wywołane naziemem nachylonym i obciążeniem liniowym</i>	5
260.2.6.	<i>Sprawdzenie stateczności ogólnej</i>	6
260.2.6.1.	<i>Metoda Felleniusa</i>	7
260.2.6.2.	<i>Metoda Bishopa</i>	7
260.3.	WPROWADZANIE DANYCH	8
260.3.1.	<i>Zakładka „Warunki gruntowe”</i>	8
260.3.2.	<i>Zakładka „Geometria”</i>	11
260.3.2.1.	<i>Ściana z płaską płytą podstawy</i>	12
260.3.2.2.	<i>Ściana z nachyloną płytą podstawy</i>	13
260.3.2.3.	<i>Ściana z ostrogą</i>	13
260.3.3.	<i>Zakładka „Obciążenia”</i>	15
260.3.4.	<i>Zakładka „Materiały i stateczność”</i>	16
260.4.	EKRAN GRAFICZNY MODUŁU „ŚCIANA OPOROWA KĄTOWA”	18
260.5.	OKNO DRZEWA PROJEKTU	20
260.6.	OKNO WIDOKU 3D	21
260.7.	OKNO KONFIGURACJI RAPORTU	21
260.8.	LITERATURA	22
260.9.	PRZYKŁAD:	23

260. Ściana oporowa kątowa

260.1. Wiadomości ogólne

Moduł **Konstruktor** – **Ściana oporowa kątowa** przeznaczony jest do projektowania żelbetonowych ścian oporowych kątowych, zgodnie z normami PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”, PN-B-03264: 2002 „Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”, PN-B-81/B-03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.”. Zaleca się konstruowanie ścian oporowych kątowych o wysokości nie większej niż 6 metrów. Dla większych wysokości należy konstruować ściany oporowe żebrowe lub ściany oporowe ze wspornikiem lub płytą kotwiącą. Za pomocą programu można wykonać projekt budowlany następujących typów ściany oporowej:

- Ściana oporowa z poziomą płytą podstawy.
- Ściana oporowa z nachyloną płytą podstawy.
- Ściana oporowa z ostrogą.

W ogólnym przypadku program może wykonać następujące obliczenia i sprawdzenia:

- Sprawdzenie nośności gruntu, w poziomie posadowienia i na stropie każdej warstwy gruntu zalegających poniżej, zgodnie z PN-81/B-03020.
- Sprawdzenie ogólnej stateczności ściany oporowej poprzez wyznaczenie współczynników pewności (bezpieczeństwa) analizowanego ustroju (ścianka oporowa + grunt) za pomocą dwóch metod: Felleniusa, Bishopa, poprzez zdefiniowanie środka okręgu oraz promienia wyznaczających powierzchnię poślizgu. Metodę analizy stateczności zbrocza definiuje użytkownik podczas wprowadzania danych.
- Program wykonuje automatyczne wyznaczenie najniekorzystniejszego (najmniejsza wartość) współczynnika pewności analizowanego ustroju (ścianka oporowa + grunt). W tym celu przeszukiwana jest przestrzeń środków okręgów oraz promieni definiujących możliwą powierzchnię poślizgu.
- Wyznaczenie wartości sił wewnętrznych w ścianie, obciążonej parciem granicznym i odporem zasypki (możliwość zdefiniowania zasypki z gruntu spoistego lub niespoistego)
- Oblicza ilość zbrojenia podłużnego w punktach charakterystycznych ściany z uwagi na warunek nośności (wg PN-B-03264:2002), warunek użytkowy nieprzekroczenia dopuszczalnej szerokości rozwarcia rys prostopadłych.
- Wyznaczenie wartości sił wewnętrznych w ścianie od następujących obciążeń: obciążenia powierzchniowe pionowe, liniowe pionowe, liniowe poziome, przyłożonego do naziomu. Możliwość zdefiniowania naziomu pod dowolnym kątem.
- Sprawdzenie stateczności na obrót i przesuw w poziomie posadowienia oraz na kolejnych warstwach. Stateczność na przesuw na pierwszej warstwie może być zwiększona przez zdefiniowanie nachylenia płyty podstawy lub zadanie ostrogi.

- Obliczenia średniej wartości osiadania pierwotnego, wtórnego oraz całkowitego ściany oporowej na podłożu warstwowym oraz wyznaczenie przechyłki zgodnie z PN-81/B-03020.

Poza szerokim zakresem obliczeń moduł dodatkowo charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Pozwala na wprowadzenie nawodnionych warstw gruntu.
- W przypadku metody ustalania parametrów gruntowych - B, na podstawie jednego parametru wiodącego automatycznie wylicza wszystkie pozostałe parametry dla danej warstwy oraz pozwala na dalszą ich edycję.
- Możliwość definiowania dowolnej liczby obciążeń liniowych i równomiernych naziomu.

260.2. Opis ogólny programu

260.2.1. Sprawdzenie nośności gruntu

Moduł „Ściana oporowa kątowa” sprawdza nośność gruntów zgodnie z PN-81/B-03020 „Grнты budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli” – Załącznik 1, dla wartości obliczeniowych sił i parametrów gruntowych. Sprawdzane są warunki dla jednego kierunku:

$$N_{\max}^r \leq m \times Q_{\text{fNB}} ;$$

w poziomie posadowienia oraz na podstawie przyjętego fundamentu zastępczego na stopie każdej kolejnej warstwy.

260.2.2. Wymiarowanie

Wymiarowanie ściany oporowej na zginanie obejmuje następujące działania programu:

- Obliczenie momentów zginających dla punktów charakterystycznych ściany. Liczbę punktów charakterystycznych program dobiera automatycznie w zależności od wysokości ściany pionowej. Tak odpowiednio: dla wysokości $H < 2$ m. Jeden punkt przy podstawie ściany, dla wysokości 4 m. $> H \geq 2$ m. dwa punkty, jeden u podstawy ściany, drugi w środku jej wysokości, dla $H \geq 4$ m. Trzy punkty, jeden u podstawy ściany, a dwa następne odpowiednio w 1/3 i 2/3 jej wysokości.
- Dla tak wyliczonego momentu i odpowiednio dobranego przekroju ustalane jest zbrojenie na zginanie. Ścianę zbroi się podobnie jak płytę jednokierunkowo zbrojoną. Zbrojenie poprzeczne jest dobierane ze względów konstrukcyjnych.
- Istnieje również możliwość doboru zbrojenia ze względu na stan graniczny użytkowania (przemieszczenie i rozwarście rys). Program iteracyjnie dobiera zbrojenia do momentu kiedy warunki SGU zostaną spełnione. Początkowy przekrój zbrojenia jest dobierany zawsze ze względu na warunki wytrzymałościowe.

Wymiarowanie ściany oporowej na zginanie wykonywane jest metodą uproszczoną wg PN-B03264: 2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone.

260.2.3. Stateczność

Moduł „Ściana oporowa kątowa” sprawdza stateczność konstrukcji na obrót w poziomie posadowienia oraz na przesuwny w poziomie posadowienia i na stopie każdej niżej zalegającej warstwy. Przy obliczaniu stateczności na przesuwny uwzględniana jest siła tarcia fundamentu o grunt, a współczynnik tarcia uzależniony jest od rodzaju gruntu, jego stanu (jeżeli stopień

plastyczności $IL > 0.25$ – grunt plastyczny lub miękkoplastyczny to współczynnik tarcia $\mu=0$), oraz tego czy płyta podstawy jest gładka, czy chropowata.

260.2.4. Osiadanie

Obliczenia prowadzone są według metody naprężeń, zgodnie z polską normą PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. Program wyznacza średnie osiadania pod fundamentem, tangens kąta obrotu ściany oporowej.

Grunt zalegający pod stopą fundamentową jest dzielony na warstwy, których grubość nie przekracza $0,5 \times B$ oraz uwzględnia się naturalny rozkład warstw geotechnicznych. Naprężenia pionowe w dowolnym punkcie pod fundamentem obliczanie są wg normowego wzoru Boussinesqua:

$$\sigma_z = \frac{3 \times Q}{2 \times \pi} \times \frac{z^3}{R_0^5}, \text{ gdzie } Q = \sigma(x_s, y_s) \times dx \times dy,$$

przy uwzględnieniu rozkładu naprężeń pod całym płytą podstawy. Dla uzyskania poprawnych wyników wymaga się aby był spełniony warunek $R_0 \geq 2 \times b$. Z tego powodu grubość pierwszej warstwy nie powinna być mniejsza niż 0,4 m. Następnie wyznaczane są osiadania pierwotne i wtórne zgodnie z wzorami 20 i 21 wyżej wspomnianej normy. Osiadania wtórne są uwzględniane tylko w przypadku gdy czas wznoszenia budowli (od wykonania wykopów fundamentowych do zakończenia stanu surowego, z montażem urządzeń stanowiących obciążenia) jest dłuższy niż 1 rok. Osiadanie w poszczególnej warstwie jest sumą osiadania wtórnego i pierwotnego. Sumowanie osiadań poszczególnych warstw w celu wyznaczenia całkowitego osiadania fundamentu przeprowadzane jest do głębokości z_{\max} , na której jest spełniony warunek:

$$\sigma_{z_{\max}d} \leq 0,3 \times \sigma_{z_{\max}\rho}.$$

W przypadku gdy głębokość z_{\max} wypada w obrębie warstwy geotechnicznej o module ściśliwości M_0 przynajmniej dwukrotnie mniejszym niż w warstwie geotechnicznej zalegającej bezpośrednio głębiej, to głębokość ta jest zwiększona do spągu warstwy słabszej. W ten sposób wyznaczane są osiadania dla siatki punktów równomiernie rozłożonych pod fundamentem. Następnie powierzchnia osiadań aproksymowana jest do płaszczyzny przy użyciu metody najmniejszych kwadratów. Współczynniki tej płaszczyzny są tangensami kątów obrotu względem poszczególnych osi, oraz średnim osiadaaniem.

260.2.5. Parcia na ścianę wywołane naziemem nachylonym i obciążeniem liniowym

Jednostkowe parcie graniczne zasyпки na ścianę wyznaczone jest wg wzoru:

$$e_a = (\gamma^{(n)} * z + q_n) * K_a - \text{dla zasyпки z gruntu niespoistego,}$$

$$e_a = (\gamma^{(n)} * z + q_n) * K_a - 2 * c^{(n)} * K_a^{0,5} - \text{dla zasyпки z gruntu spoistego,}$$

gdzie $\gamma^{(n)}$ oznacza wartość charakterystyczną ciężaru objętościowego gruntu, natomiast K_a jest współczynnikiem parcia granicznego gruntu obliczany zgodnie z wzorem (3) lub (5) normy PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”

Siłę wypadkową (obciążenia trapezowego) działającą na ścianę pionową wywołaną obciążeniem liniowym oblicza się wg następującego wzoru:

$$E_{aQ} = \sin(\theta - \phi^{(n)}) * Q * [\cos(\theta - \phi^{(n)})]^{-1},$$

natomiast wysokość przyłożenia obciążenia trapezowego h_p z wzoru:

$$h_p = [2 * (E_{a1} + E_{aQ}) / (\gamma^{(n)} * K_a)]^{0.5}$$

Wszystkie pozostałe wielkości potrzebne do obliczeń wyznaczamy korzystając normy PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.” załącznik 1 punkt 3.

260.2.6. Sprawdzenie stateczności ogólnej

Zapewnienie stateczności zbocza, ściany oporowej jest zadaniem geotechnicznym niezwykle trudnym ze względu na duże problemy związane z prawidłowym zbadaniem gruntów, określeniem możliwości powstania osuwisk oraz prawidłowym zabezpieczeniem terenu przed osuwiskiem. Stateczność ogólna ściany oporowej może być zapewniona tylko wtedy, gdy zostaną spełnione odpowiednie warunki:

- Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej i warunków wodnych terenu.
- Prawidłowe wyznaczenie właściwości mechanicznych i fizycznych gruntu.
- Zastosowanie prawidłowych metod obliczeniowych stateczności skarp.
- Prawidłowe zastosowanie ewentualnych zabezpieczeń.

W celu wyznaczania stateczności zbocza zbudowanego z gruntów spoistych przyjęto metody polegające na analizie warunków równowagi bryły osuwającej się wzdłuż powierzchni poślizgu. W metodach obliczeniowych zaimplementowanych w programie przyjęto, że potencjalne powierzchnie poślizgu są walcowe. Stateczność zbocza uważa się za zapewnioną, jeżeli spełniony jest następujący warunek:

$$F_{\min} \geq F_{dop}$$

Wartość F_{\min} z powyższego wyrażenia obliczana jest przez program natomiast wartość F_{dop} należy przyjąć w zależności od wybranej metody obliczeniowej oraz w zależności od znaczenia projektowanego obiektu, przy czym im $F_{dop} > 1$ tym projektowany obiekt będzie bezpieczniejszy. Wartości F_{dop} w zależności od rodzaju konstrukcji i metody obliczania można odnaleźć w książce „Zarys geotechniki” Z. Witun.

Wszystkie prowadzone obliczenia przeprowadzone są przy następujących założeniach:

- Dla płaskiego stanu naprężeń i odkształceń.
- Przy obowiązywaniu hipotezy wytrzymałościowej Coulomba - Mohra:

$$|\tau| = \tau_f = \sigma \tan \phi + c$$

- Parametry mechaniczne gruntu c oraz ϕ są stałe w czasie.
- Wzdłuż całej powierzchni poślizgu są stałe przemieszczenia.

W programie obliczenia można przeprowadzić metodą Felleniusa lub Bishopa.

260.2.6.1. Metoda Felleniusa

W metodzie Felleniusa przyjmuje się, że dla danej geometrii zbocza istnieje jedna najbardziej niebezpieczna powierzchnia poślizgu, charakteryzująca się najmniejszym współczynnikiem bezpieczeństwa określonego wzorem:

$$F = \frac{M_u}{M_{obl}}$$

gdzie M_u jest momentem sił utrzymujących bryłę, obliczonym względem środka obrotu:

$$M_u = R \sum_{i=1}^n (W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) + l_i c_i)$$

natomiast M_{obl} jest momentem sił obracających bryłę, opisanym wzorem:

$$M_u = R \sum_{i=1}^n W_i \sin(\alpha_i)$$

Analiza stateczności skarpy o danej geometrii sprowadza się więc do ustalenia takiej powierzchni poślizgu (środek okręgu oraz promienia), która dałaby najmniejszy współczynnik bezpieczeństwa F_{min} . Metodę Felleniusa można zastosować w przypadku obliczeń skarp z gruntów niejednorodnych oraz w przypadku wyraźnie ukształtowanej nieregularnej powierzchni poślizgu (aproxymując ją cylindryczną powierzchnią) na terenie już zaistniałego osuwiska.

260.2.6.2. Metoda Bishopa

W metodzie Bishopa przyjmuje się, że siły działające na boczne ściany wydzielonych bloków są poziome. Rzuty ich na kierunek pionowy są równe zeru. Obliczenia najczęściej przeprowadza się stosując naprężenia efektywne. Siły tarcia wzdłuż powierzchni poślizgu rozumie się jako siły równoważące aktualne siły osuwające. Współczynnik bezpieczeństwa wyznaczany jest wg. następującego wzoru:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c'_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan(\phi_i)]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin(\alpha_i)} \frac{1}{M_i(\alpha)}$$

gdzie:

$$M_i(\alpha) = \left[1 + \frac{\tan(\phi) \tan(\alpha_i)}{F} \right] \cos(\alpha_i)$$

W powyższych wzorach współczynnik bezpieczeństwa F znajduje się po lewej jak również po prawej stronie równania. Jest to, więc równanie nieliniowe. Rozwiązanie tego równania należy otrzymać iteracyjnie przy zastosowaniu np. metody Newtona - Raphsona lub metodą kolejnych przybliżeń. Iteracje przeprowadza się do momentu kiedy różnica pomiędzy współczynnikiem obliczonym w aktualnej iteracji i wartością współczynnika z poprzedniej iteracji jest mniejsza od zadeklarowanej w programie (0,001).

260.3. Wprowadzanie danych

Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególne wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

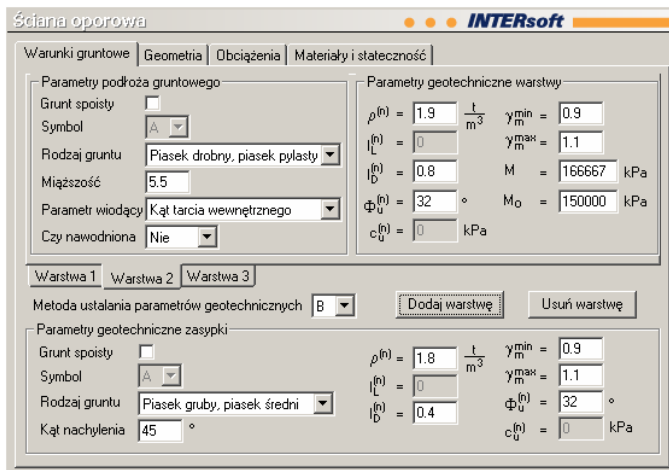
{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość.

Głównym oknem do wprowadzania danych w module Ściana oporowa kątowa jest okno dialogowe *Ściana oporowa* składające się z szeregu zakładek: Warunki gruntowe, Geometria, Obciążenia, Materiały i stateczność.

Aby Włączyć/wyłączyć okienko dialogowe *Ściana oporowa* naciskamy przycisk , lub z menu **WIDOK** wybierz polecenie **Okno do wprowadzania danych**.

260.3.1. Zakładka „Warunki gruntowe”

Zakładka **Warunki gruntowe** pozwala na określenie podstawowych parametrów warstw geotechnicznych otaczających ścianę oporową, potrzebnych parametrów zasyпки oraz innych danych związanych z posadowieniem. Za pomocą przycisków Dodaj/Usuń dodajemy kolejną warstwę, lub usuwamy zaznaczoną. Warstwy liczone są kolejno od korony ściany oporowej.



Opis parametrów poszczególnych warstw gruntowych:

Grunt spoisty:	[-]	Znacznik ustalający czy grunt danej warstwy jest spoisty czy nie. Zmiana znacznika w metodzie B powoduje ustawienie parametru wiodącego do wpisu	{A - grunty morenowe skonsolidowane;
Symbol:	[-]	Parametr dla gruntu spoistego ustalający jego typ.	B – grunty skonsolidowane lub morenowe nieskonsolidowane; C – grunty nieskonsolidowane; D – ily} Niespoiste: {- żwiry, pospółki, piaski grube, średnie, drobne, pylaste i próchnicze}.
Nazwa gruntu:	[-]	Parametr określający rodzaj gruntu niespoistego.	Spoiste: {- żwiry, pospółki i piaski gliniaste, pyły piaszczyste i pyły, gliny piaszczyste i pylaste, gliny, gliny piaszczyste i pylaste gwałtowne, gliny gwałtowne, ily piaszczyste i pylaste, ily}.
Miaższość:	[m]	Grubość warstwy od stropu do spągu.	{Wartość > 0}
Czy nawodniona	[-]	Parametr określający czy w danej warstwie występuje woda.	{Tak/Nie}
Parametr wiodący	[-]	Parametr określający na podstawie czego przeliczone będą automatycznie pozostałe wielkości geotechniczne.	{kął tarcia wewnętrznego, stopień zagęszczenia (niespoiste); stopień plastyczności i spójność (spoiste)}

Parametry geotechniczne:

$\rho^{(n)}$:	[t/m ³]	Wartość charakterystyczna gęstości objętościowej gruntu określana przez użytkownika.	$\{\rho^{(n)} > 0\}$
$I_L^{(n)}$:	[-]	Wartość charakterystyczna stopnia plastyczności gruntu spoistego określana przez użytkownika lub wyliczana automatycznie w metodzie B.	$\{I_L^{(n)} < 1\}$

$I_D^{(n)}$:	[-]	Wartość charakterystyczna stopnia zagęszczenia gruntu niespoistego określana przez użytkownika lub wyliczana automatycznie w metodzie B.	$\{0 \leq I_D^{(n)} < 1\}$
$\phi_u^{(n)}$:	[°]	Wartość charakterystyczna kąta tarcia wewnętrznego określana przez użytkownika lub wyliczana automatycznie w metodzie B.	$\{0 < \phi_u^{(n)} < 45^\circ\}$
$C_u^{(n)}$:	[kPa]	Wartość charakterystyczna spójności dla gruntów spoistych określana przez użytkownika lub wyliczana automatycznie w metodzie B.	$\{0 < C_u^{(n)} < 60 \text{ kPa}\}$
γ_m^{\min} :	[-]	Minimalny współczynnik materiałowy dla gruntu.	$\{0.80 < \gamma_m^{\min} < 1 \text{ (dla metody B } \gamma_m^{\min}=0.9)\}$
γ_m^{\max} :	[-]	Maksymalny współczynnik materiałowy dla gruntu.	$\{1 < \gamma_m^{\max} < 1.25 \text{ (dla metody B } \gamma_m^{\max}=1.1)\}$
$M^{(n)}$:	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości wtórnej (sprężystej).	$\{M^{(n)} > 0\}$
$M_0^{(n)}$:	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej (ogólnej).	$\{M_0^{(n)} > 0\}$

Wszystkie parametry, które podlegają automatycznym przeliczeniom w metodzie B można następnie ręcznie zmienić na dowolne wartości mieszczące się w granicach ich fizycznych zakresów. Użytkownik może zdefiniować maksymalnie 15 warstw gruntu.

Parametry geotechniczne zasypki:

Grunt spoisty	[-]	Znacznik ustalający czy grunt danej warstwy jest spoisty czy nie.	{A - grunty morenowe skonsolidowane;
Symbol	[-]	Parametr dla gruntu spoistego ustalający jego typ.	B – grunty skonsolidowane lub morenowe nieskonsolidowane; C – grunty nieskonsolidowane; D – ity}
Nazwa gruntu:	[-]	Parametr określający rodzaj gruntu niespoistego.	Niespoiste: {- żwiry, pospółki, piaski grube, średnie, drobne, pylaste i próchnicze}.

Kąt nachylenia	[°]	Kąt nachylenia zasypki do poziomu.	{10° - 85°}
$\rho^{(n)}$:	[t/m ³]	Wartość charakterystyczna gęstości objętościowej zasypki określana przez użytkownika.	{ $\rho^{(n)} > 0$ }
$I_L^{(n)}$:	[-]	Wartość charakterystyczna stopnia plastyczności zasypki z gruntu spoiстого określana przez użytkownika.	{ $I_L^{(n)} < 1$ }
$I_D^{(n)}$:	[-]	Wartość charakterystyczna stopnia zagęszczenia zasypki z gruntu niespoistego określana przez użytkownika.	{ $0 < I_D^{(n)} < 1$ }
γ_m^{\min} :	[-]	Minimalny współczynnik materiałowy dla zasypki.	{ $0.80 < \gamma_m^{\min} < 1$ (dla metody B $\gamma_m^{\min}=0.9$)}
γ_m^{\max} :	[-]	Maksymalny współczynnik materiałowy dla zasypki.	{ $1 < \gamma_m^{\min} < 1.25$ (dla metody B $\gamma_m^{\min}=1.1$)}
$\phi_u^{(n)}$:	[°]	Wartość charakterystyczna kąta tarcia wewnętrznego zasypki.	{ $0 < \phi_u^{(n)} < 45^\circ$ }
$C_u^{(n)}$:	[kPa]	Wartość charakterystyczna spójności zasypki.	{ $0 < C_u^{(n)} < 60$ kPa}

Pozostałe parametry:

Metoda ustalania parametrów geotechnicznych:	[-]	Rodzaj metody ustalania parametrów geotechnicznych wg PN-81/B-03020.	{Metoda A, B, C}
--	-----	--	------------------

260.3.2. Zakładka „Geometria”

Okiencko wprowadzania geometrii ściany oporowej kątowej składa się z następujących elementów:

- Okna rysunku bryły ściany oporowej kątowej wraz z opisem oznaczeń.
- Grupy znaczników umożliwiających zdefiniowanie ściany z podstawą nachyloną lub z ostrogą.
- Okna podstawowych parametrów geometrycznych.
- Okienka poprawności geometrycznej danych przyjętych do obliczeń.

W przypadku wprowadzenia danych geometrycznych niezgodnych z ich zakresem w okienku dolnym zakładki pojawia się odpowiedni komunikat: „Geometria niepoprawna – brak rysunku”, co oznacza, że program nie może wykonać skalowanego rysunku w dole ekranu i przejąć

danych do obliczeń. W ramach modułu przewidziano następujące typy geometrii ściany oporowej

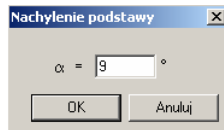
- Ściana z płaską płytą podstawy.
- Ściana z nachyloną płytą podstawy.
- Ściana z ostrogą.

260.3.2.1. Ściana z płaską płytą podstawy

Parametr B :	[m]	Szerokość płyty podstawy w rzucie poziomym.	{B>0}
Parametr B1 :	[m]	Szerokość odsadzki lewej.	{B1>0}
Parametr B2 :	[m]	Grubość dolna ściany.	{B2>0}
Parametr B3 :	[m]	Szerokość odsadzki prawej.	{B3>0}
Parametr H :	[m]	Wysokość ściany.	{H>1, H<6}
Parametr delta :	[°]	Kąt nachylenia naziomu.	{delta < ϕ_u zasypki }
Parametr Dmin :	[m]	Minimalna głębokość posadowienia.	{Dmin>0.8}
Parametr A2 :	[m]	Minimalna grubość odsadzki lewej.	{A2>0.2}
Parametr A3 :	[m]	Minimalna grubość odsadzki prawej.	{A3>0.2}
Parametr A4 :	[m]	Maksymalna grubość płyty podstawy.	{A4>B2}

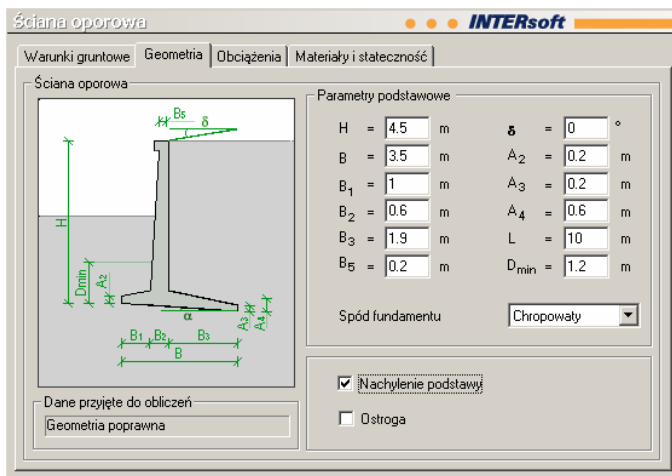
Parametr B5 :	[m]	Grubość górna ściany	{B5>0.12}
Parametr L :	[m]	Całkowita długość ściany	
Spód fundamentu	[-]	Określenie czy spód fundamentu jest płaski czy chropowaty	

260.3.2.2. Ściana z nachyloną płytą podstawy.

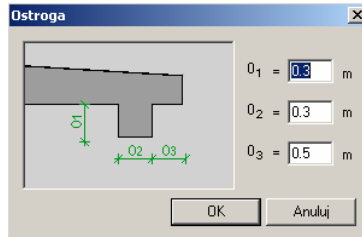


Parametr Alfa :	[°]	Kąt nachylenie płyty podstawy.	{Alfa>0, Alfa<9}
------------------------	-----	--------------------------------	------------------

Po prawidłowym zadeklarowaniu kąta nachylenia podstawy w oknie grafiki zostanie wywołany odpowiedni rysunek.



260.3.2.3. Ściana z ostrogą.

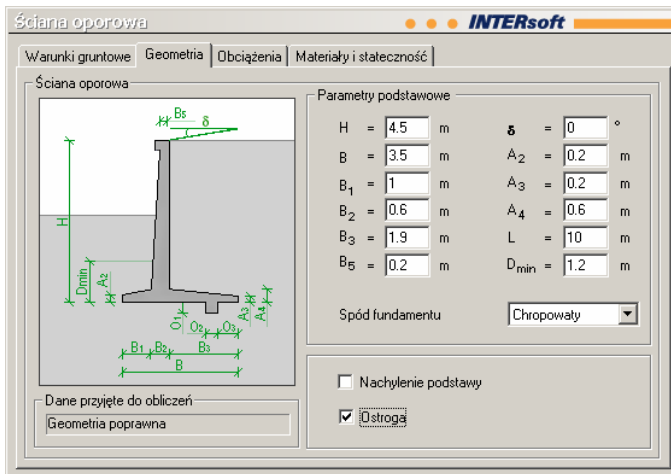


Parametr **O1**: [m] Wysokość ostrogi. {O1>0}

Parametr **O2**: [m] Szerokość ostrogi. {O2>0}

Parametr **O3**: [m] Położenie ostrogi. {O3 >0}

Po prawidłowym zadeklarowaniu ostrogi w płycie podstawy w oknie grafiki zostanie wywołany odpowiedni rysunek.



260.3.3. Zakładka „Obciążenia”

Ściana oporowa ● ● ● INTERsoft

Warunki gruntowe | Geometria | **Obciążenia** | Materiały i stateczność

Nr	Rodzaj	Wartość	Xpocz	Xkon	Gama min	Gama max
1	Naziom dół	10	0	0	0.90	1.20
2	Naziom góra	10	0	0	0.90	1.20
3	Obciążenie osiowe pionowe	10	0	0	0.90	1.20
4	Obciążenie liniowe pionowe	10	2	0	0.90	1.20
5	Obciążenie liniowe poziome	10	1	0	0.90	1.20
6	Obciążenie powierzchniowe pionowe	10	1	5	0.90	1.20

Wiek betonu w chwili obciążenia: 28 dni

Czas trwania budowy: Powyżej roku

Możliwość odkopania fundamentu

Zakładka „Obciążenia” przewidziana została do wprowadzania obciążeń przyłożonych do ścianki oporowej. Istnieje możliwość wprowadzania następujących typów obciążeń: liniowe pionowe, naziom górą, naziom dołem, obciążenie liniowe poziome, obciążenie pionowe przyłożone do głowicy ścianki, obciążenie powierzchniowe. Załączony również jest rysunek, który w sposób schematyczny (w przekroju ścianki) przedstawia działające obciążenia, oraz opisuje graficznie wszystkie parametry potrzebne do zdefiniowania obciążenia. Użytkownik powinien również zdefiniować wartości współczynników obciążeń zawarte w tabelicy.

W zakładce „Obciążenia” należy również zdefiniować następujące parametry: wiek betonu w chwili obciążenia, czas trwania budowy oraz czy istnieje możliwość odkopania fundamentu.

Sily działające na ściankę oporowa:

Naziom góra:	[kN/m ²]	Wartość charakterystyczna obciążenia powierzchniowego, równomiernie rozłożonego, przyłożonego do naziomu wyższego.	{Obciążenie>=0}
Naziom dół:	[kN/m ²]	Wartość charakterystyczna obciążenia powierzchniowego, równomiernie rozłożonego, działającego na wyższy naziom.	{Obciążenie>=0}
Obciążenie liniowe pionowe:	[kN/m]	Wartość charakterystyczna obciążenia liniowego pionowego równomiernie rozłożonego na długości ścianki. Xpocz określa odległość w poziomie przyłożonego obciążenia od korony ścianki. Istnieje możliwość deklaracji dowolnej liczby obciążeń liniowego.	{Obciążenie>=0} {Odległość>=0}
Obciążenie liniowe	[kN/m]	Wartość charakterystyczna obciążenia liniowego poziomego przyłożonego do ścianki. Xpocz określa odległość w pionie	{Obciążenie>=0} {Odległość>=0}

poziome:		przyłożonego obciążenia od korony ścianki. Istnieje możliwość deklaracji dowolnej liczby obciążeń liniowego.	
Obciążenie powierzchniowe pionowe:	[kN/m ²]	Wartość charakterystyczna obciążenia powierzchniowego przyłożonego do naziomu. Xpocz i Xkon definiują odległość w poziomie od korony ścianki do odpowiednio linii początku i końca przyłożenia obciążenia. Istnieje możliwość deklaracji dowolnej liczby obciążeń liniowego.	{Obciążenie>=0} {Odległość>=0}
Obciążenie liniowe pionowe:	[kN/m]	Wartość charakterystyczna obciążenia liniowego pionowego przyłożonego do głowicy ścianki. Istnieje możliwość deklaracji dowolnej liczby obciążeń liniowego.	{Obciążenie>=0}

Pozostałe parametry:

Wiek betonu w chwili obciążenia	[-]	Wybieranie z listy wieku betonu w chwili przyłożenia obciążenia	{7 dni, 14 dni, 28 dni, 90 dni}
Możliwość odkopania fundamentu:	[-]	Należy włączyć znacznik jeżeli istnieje możliwość odkopania fundamentu	
Czas trwania robót:	[-]	Parametr potrzebny do ustalenia współczynnika λ określanego do liczenia osiadań.	{do roku, powyżej roku}

260.3.4. Zakładka „Materiały i stateczność”**Parametry do wymiarowania:**

Klasa stali:	[-]	Wybierane z listy oznaczenie klasy stali na zginanie wg PN-B-03264: 2002.	{St0S; St3SX; St3SY; St3S; PB240; St50B; 18G2; 20G2Y; 25G2S; 35G2Y; 34GS; RB400; RB400 W; 20G2VY; RB500; RB500W}
Klasa betonu:	[-]	Wybierane z listy oznaczenie klasy betonu wg PN-B-03264: 2002.	{B15; B20; B25; B30; B37; B45; B50; B55; B60}
Otulina a:	[cm]	Średnia otulina zbrojenia ścianki oporowej kątownej.	{0÷10}
Średnica prętów ściany ϕ_1 :	[mm]	Średnica prętów zbrojenia ściany pionowej:	{3÷40 mm}
Średnica prętów stopy ϕ_2 :	[mm]	Średnica prętów zbrojenia płyty podstawy:	{3÷40 mm}
Dopuszczalne	[mm]	Wybór z listy dopuszczalnego	{0.1; 0.2; 0.3}

rozwarcie rys:

rozwarcia rys prostokątnych
(domyślnie wartość 0.3 mm).

Ściana oporowa ● ● ● INTERsoft

Warunki gruntowe | Geometria | Obciążenia | Materiały i stateczność

Materiały

Klasa stali: S10S

Klasa betonu: B15

Otulina: a = 4 cm

Średnica prętów ściany: $\phi_1 = 12$ mm

Średnica prętów podstawy: $\phi_2 = 12$ mm

Zbrojenie

Dobór zbrojenia ze względu na ugięcie

Dobór zbrojenia ze względu na rozwarcie rys

Dopuszczalne rozwarcie rys: 0.3 mm

Stateczność

Metoda obliczeń:

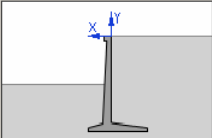
Bishop Felleniusa

Położenie punktu:

Automatyczny dobór punktu

x = 2.00 m



y = 1.00 m


Parametry do sprawdzania stateczności ogólnej ścianki oporowej:

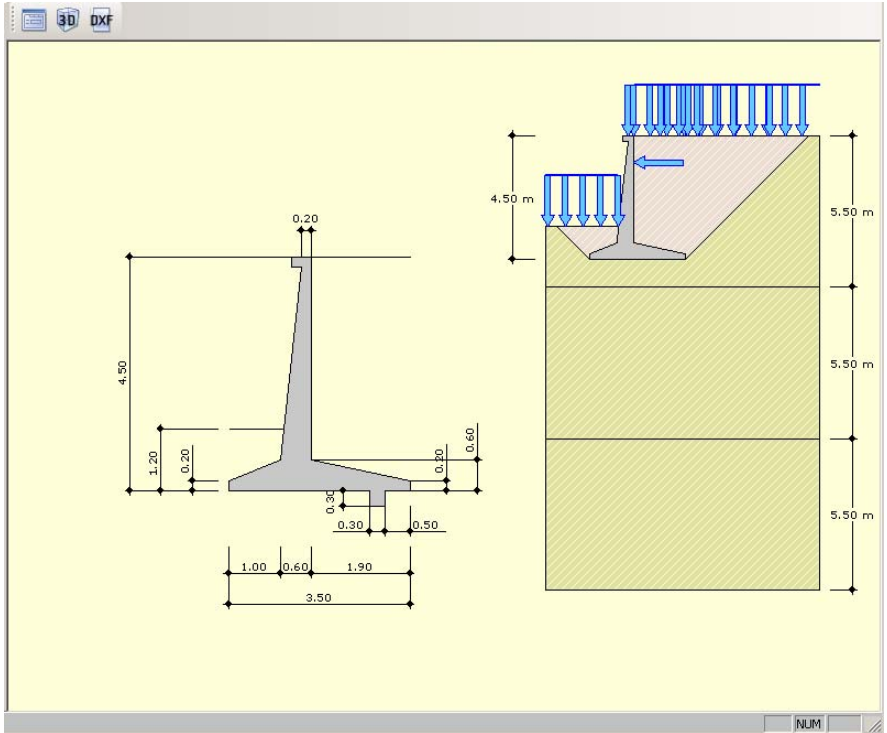
Metoda obliczeń:	[-]	Należy zdefiniować metodę obliczania współczynnika bezpieczeństwa zbocza.	{Metoda Bishopa, Metoda Felleniusa }
Automatyczny dobór punktu:	[-]	Program posiada opcję poszukiwania najbardziej niekorzystnego położenia środka okręgu definiującego powierzchnię poślizgu. Jeżeli znacznik jest zaznaczony program wykonuje takie poszukiwanie. Jeżeli znacznik jest odznaczony użytkownik powinien zadeklarować współrzędne takiego punktu w układzie opisanym na rysunku powyżej	{ }
X:	[m]	Położenie względem osi X środka okręgu definiującego powierzchnię poślizgu.	{0<X<50}
Y:	[m]	Położenie względem osi Y środka okręgu definiującego powierzchnię poślizgu.	{0<Y<20}

260.4. Ekran graficzny modułu „Ściana oporowa kątowa”

Ekran graficzny modułu „Ściana oporowa kątowa” składa się z obszaru rysunku i paska narzędziowego. W pasku umieszczono dwie ikony służące do sterowania widokiem ekranu:

	- Ikona włącza lub wyłącza okno zakładek
	- Ikona włącza lub wyłącza okno widoku 3D

Po wyłączeniu obu powyższych elementów ekran graficzny wygląda następująco:

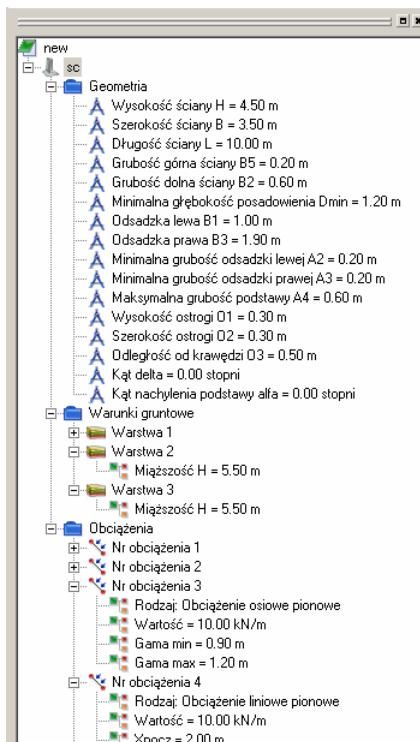


W prawym górnym rogu ekranu widoczny jest skalowany profil uwarstwienia gruntu wokół ściany oporowej (widok w przekroju ściany oporowej) wraz z opisem grubości poszczególnych warstw. Natomiast w dolnej części pokazany jest skalowany przekrój (widok z boku) wprowadzonej bryły ściany oporowej wraz z wszystkimi wymiarami. W przypadku włączenia okna zakładek może on być schowany częściowo pod zakładkami. Wszelkie zmiany geometryczne akceptowane przez program na bieżąco aktualizowane są na widokach (przekroju) wraz z odpowiednią korektą wymiarów.

UWAGA:

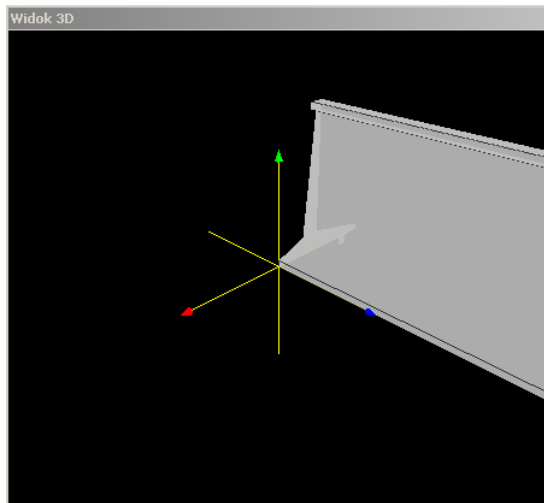
Brak rysunku oznacza, że dane geometryczne wprowadzone są niepoprawnie i nie mogą być wykonane obliczenia ściany oporowej.

260.5. Okno drzewa projektu



Z lewej strony ekranu znajduje się „drzewo” projektu w którym opisane są wszystkie elementy składające się na dany projekt wraz z odpowiednim podziałem na typy danych i ich poszczególne wartości.

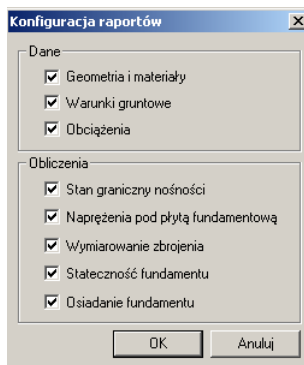
260.6. Okno widoku 3D



Okno widoku 3D pozwala na trójwymiarową prezentację geometrii ściany oporowej kątowej wraz z możliwością jej przybliżania, oddalania i obracania.

260.7. Okno konfiguracji raportu

W oknie konfiguracji raportu użytkownik może zdecydować jakie dane i wyniki mają być obliczone i umieszczone w raporcie. Wywołanie okna następuje automatycznie po uruchomieniu obliczeń. Wybrane dane i wyniki przekazywane są do przeglądarki plików html.



W programie można uzyskać następujące typy danych i wyników:

Dane:

- Geometria i materiały – obejmuje wykaz wszystkich wprowadzonych danych geometrycznych, skalowany rysunek geometrii wraz z wymiarowaniem oraz podstawowe parametry materiałowe (klasa stali, betonu, średnice prętów, otulenia).
- Warunki gruntowe – obejmuje rysunek uwarstwowionego podłoża, parametry geotechniczne poszczególnych warstw, metodę ustalania parametrów i opis zasypki.
- Obciążenia – obejmuje wykaz poszczególnych obciążeń: naziom góra, naziom dół, obciążenia liniowe.

Wyniki:

- Stan graniczny nośności – obejmuje sprawdzenie SGN gruntów w poziomie posadowienia i na stropach kolejnych warstw leżących poniżej poziomu posadowienia.
- Naprężenia pod płytą fundamentową – raport obejmuje opis bryły naprężeń pod płytą fundamentową (wartości i rysunek).
- Wymiarowanie zbrojenia – obejmuje wyliczenie potrzebnej ilości zbrojenia w ścianie oraz w płycie podstawy, dobór prętów, rysunek zbrojenia łącznie z wykazem stali.
- Stateczność fundamentu – zawiera sprawdzenie stateczności fundamentu na obrót oraz sprawdzenie stateczności na przesuw w poziomie posadowienia i na stropach kolejnych warstw leżących poniżej poziomu posadowienia..
- Osiadanie fundamentu – obejmuje wyliczenie osiadania pierwotnego, wtórnego i całkowitego wraz z przechytką, oraz wykresy naprężeń pierwotnych i dodatkowych w warstwach gruntu pod fundamentem.

Prócz powyższych punktów raport zawiera wykresy naprężeń poziomych (wraz z wypadkowymi siłami obliczeniowymi) od parcia i odporu zasypki oraz od obciążeń liniowych działających na naziom wyższy.

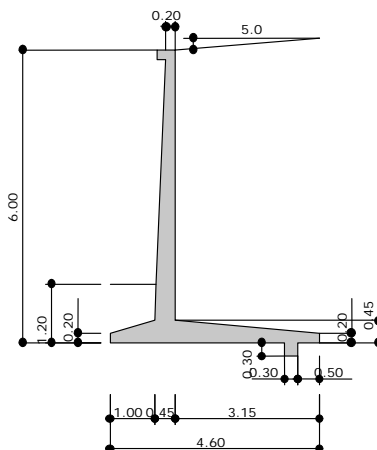
Uwaga:

W przypadku wyboru opcji osiadań, zwłaszcza dla dużych płyt fundamentowych, czas trwania obliczeń może wzrosnąć do kilku minut.

260.8. Literatura

- [1] PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”
- [2] PN-81/B-03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie”
- [3] PN-B-03264:1999 „Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.”
- [4] Zarys geotechniki. Wyd. 5. Z. Wiłun. WKŁ. Warszawa 2001.

260.9. Przykład:

Geometria

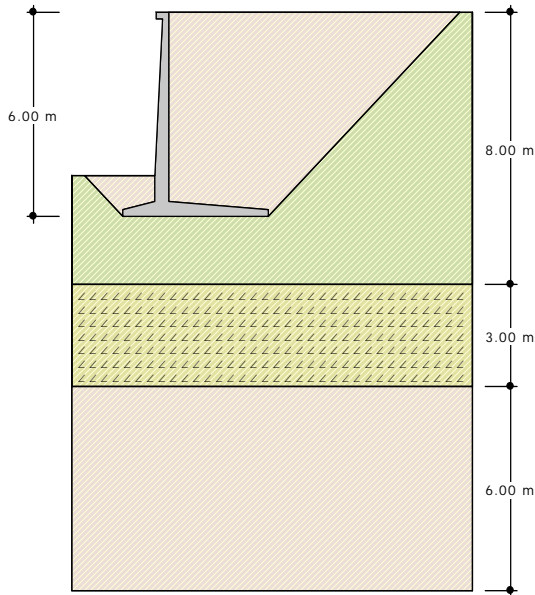
Wysokość ściany H	[m]	6.00
Szerokość ściany B	[m]	4.60
Długość ściany L	[m]	10.00
Grubość górna ściany B ₁	[m]	0.20
Grubość dolna ściany B ₂	[m]	0.45
Minimalna głębokość posadowienia D _{min}	[m]	1.20
Odsadzka lewa B ₁	[m]	1.00
Odsadzka prawa B ₃	[m]	3.15
Minimalna grubość odsadzki lewej A ₂	[m]	0.20
Minimalna grubość odsadzki prawej A ₃	[m]	0.20
Maksymalna grubość podstawy A ₄	[m]	0.45
Kąt delta	[°]	5.00
Wysokość ostrogi O ₁	[m]	0.30
Szerokość ostrogi O ₂	[m]	0.30
Odległość od krawędzi O ₃	[m]	0.50

260-Ściana oporowa kąтова

Materialy

Klasa betonu		B20
Klasa stali		18G2
Otulina	[cm]	3.00
Średnica prętów zbrojeniowych ściany ϕ_1	[mm]	16.0
Średnica prętów zbrojeniowych podstawy ϕ_2	[mm]	16.0

Warunki gruntowe



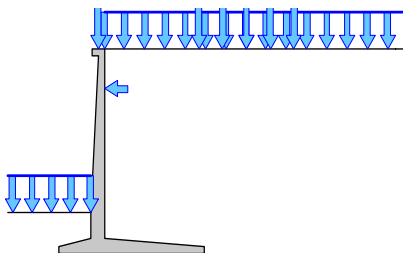
Warstwa	Nazwa gruntu	Mięższość [m]	$\rho^{(n)}$ [t/m ³]	$\phi_u^{(n)}$ [°]	$C_u^{(n)}$ [kPa]	$M^{(n)}$ [kPa]	$M_0^{(n)}$ [kPa]
1	Grunt spoisty typu B	8.00	1.90	15.00	25.00	30666.00	23000.00
2	Piasek drobny, piasek pylasty	3.00	1.90	30.50	0.00	77500.00	62000.00
3	Piasek gruby, piasek średni	6.00	1.90	33.50	0.00	125500.00	113000.00

Metoda określania parametrów geotechnicznych

B

Parametry zasypki

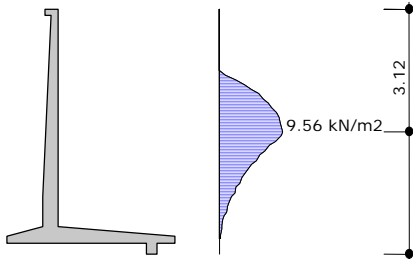
Nazwa gruntu		Piasek gruby, piasek średni
$\rho^{(n)}$	[t/m ³]	1.80
$\phi_u^{(n)}$	[°]	32.00
$C_u^{(n)}$	[kPa]	0.00

Obciążenia

Nr	Rodzaj	Wartość	X_{pocz} [m]	X_{kon} [m]	γ_{min}	γ_{max}
1	Naziom góra	5.00	-	-	0.90	1.20
2	Naziom dół	5.00	-	-	0.90	1.20
3	Obciążenie osiowe pionowe	10.00	-	-	0.90	1.20
4	Obciążenie liniowe poziome	2.00	1.20	-	0.90	1.20
5	Obciążenie powierzchniowe pionowe	10.00	3.00	6.00	0.90	1.20

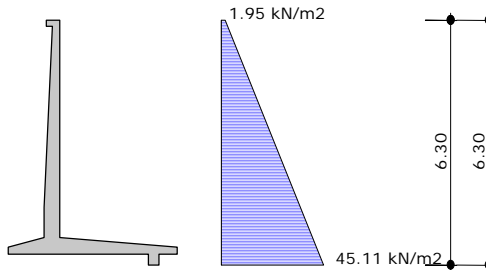
Obciążenia powierzchniowe wyniki

Wypadkowa siła pozioma od pionowego obciążenia powierzchniowego wynosi 19.95 kN/m

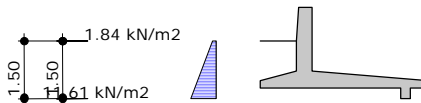


Parcie zasypki

Wypadkowe parcie zasypki na ścianę oporową wynosi 148.23 kN/m



Wypadkowy odpór zasypki wynosi 10.09 kN/m



Sprawdzenie stanu granicznego nośności gruntu

Nośność gruntu bezpośrednio pod płytą fundamentową.

Nośność nie jest OK. $G = 555.43 \text{ kN} > m \cdot Q_{nf} = 0.9 \cdot 611.85 = 550.66 \text{ kN}$.

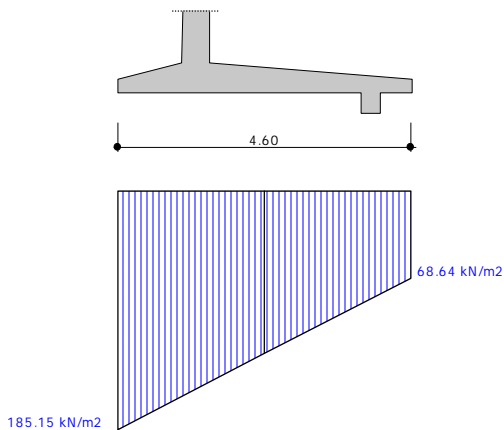
Nośność na stropie warstwy 2:

Nośność jest OK. $G = 751.46 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{nf} = 0.9 \cdot 2042.10 = 1837.89 \text{ kN}$.

Nośność na stropie warstwy 3:

Nośność jest OK. $G = 912.44 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{nf} = 0.9 \cdot 5758.49 = 5182.64 \text{ kN}$.

Napężenia pod płytą fundamentową



Naprężenia w narożach płyty fundamentowej.

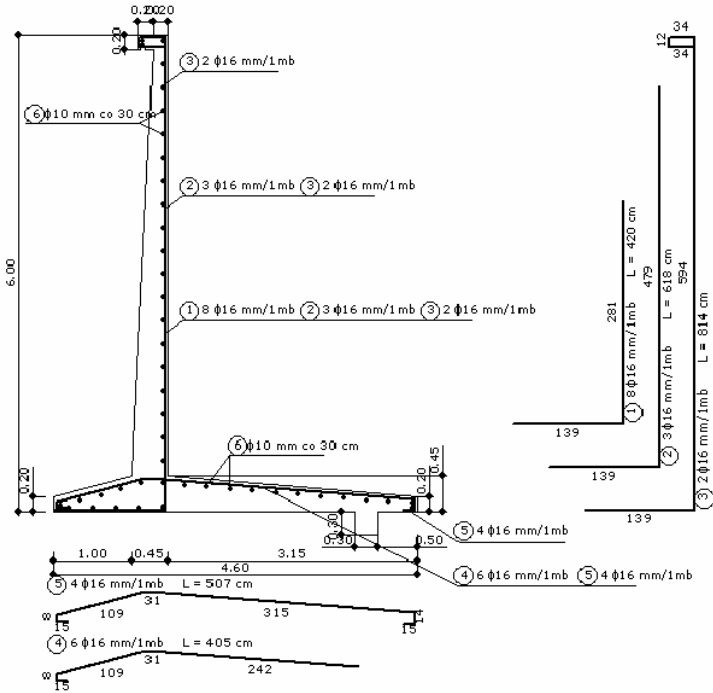
Wartość $q_1 = 68.64 \text{ kN/m}^2$

Wartość $q_2 = 185.15 \text{ kN/m}^2$

Wymiarowanie zbrojenia

Element	Moment [kNm]	Zbrojenie wyliczone [cm ²]	Zbrojenie przyjęte [cm ²]
Ściana	304.42	25.68	26.13
Podstawa z lewej	59.65	5.84	6.03
Podstawa z prawej	229.52	18.87	20.10

260-Ściana oporowa kątowa



ZESTAWIENIE STALI NA 1 mb

NR	φ [mm]	DŁUGOŚĆ [cm]	ILOŚĆ [szt]	DŁUGOŚĆ OGÓLEM [m]	
				φ 10	φ 16
1	16	420	8		33.60
2	16	618	3		18.54
3	16	814	2		16.28
4	16	405	6		24.30
5	16	507	4		20.28
6	10	100	46	46.00	
7					
8					
DŁUGOŚĆ RAZEM [mb]				46.00	113.00
MASA JEDNOSTKOWA [kg/mb]				0.617	1.578
MASA OGÓLEM [kg]				28.38	178.31
MASA RAZEM [kg]					206.69

MASA STALI DLA 10 m ŚCIANY WYNOSI G = 2067 kg.

Stateczność fundamentu

Stateczność na obrót

Stateczność OK. $M_{or} = 369.87 \text{ kNm/m} \leq m_o \cdot M_{ur} = 0.90 \cdot 1043.71 = 939.34 \text{ kNm/m}$

Stateczność na przesuw

Przesuw na styku fundamentu i gruntu, w płaszczyźnie poziomej przechodzącej przez spód ostrogi.

Obliczenie stateczności z uwzględnieniem kąta tarcia wewnętrznego gruntu pod podstawą fundamentu.

Stateczność OK. $Q_{tr} = 167.43 \text{ kN/m} \leq m \cdot Q_{tf1} = 0.95 \cdot 202.45 = 192.33 \text{ kN/m}$

Na stropie warstwy 2 :

Stateczność OK. $Q_{tr} = 167.43 \text{ kN/m} \leq m \cdot Q_{tr} = 0.95 \cdot 285.39 = 271.12 \text{ kN/m}$

Na stropie warstwy 3 :

Stateczność OK. $Q_{tr} = 167.43 \text{ kN/m} \leq m \cdot Q_{tr} = 0.95 \cdot 395.62 = 375.84 \text{ kN/m}$

Osiadanie fundamentu

Osiadania pierwotne = 0.0103 cm

Osiadania wtórne = 0.0020 cm

Osiadania całkowite = 0.0122 cm

Przechyłka = 0.002364 °

Stosunek różnicy osiadań ściany jest dopuszczalny i wynosi $0.0024 \leq 0.006$

Warunek naprężeniowy $0.3 \cdot \sigma_{zp} = 0.3 \cdot 106.39 \text{ kN/m}^2 = 31.92 \text{ kN/m}^2 \geq \sigma_{zd} = 30.04 \text{ kN/m}^2$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 6.15 m

Rozkład naprężeń pod ścianką

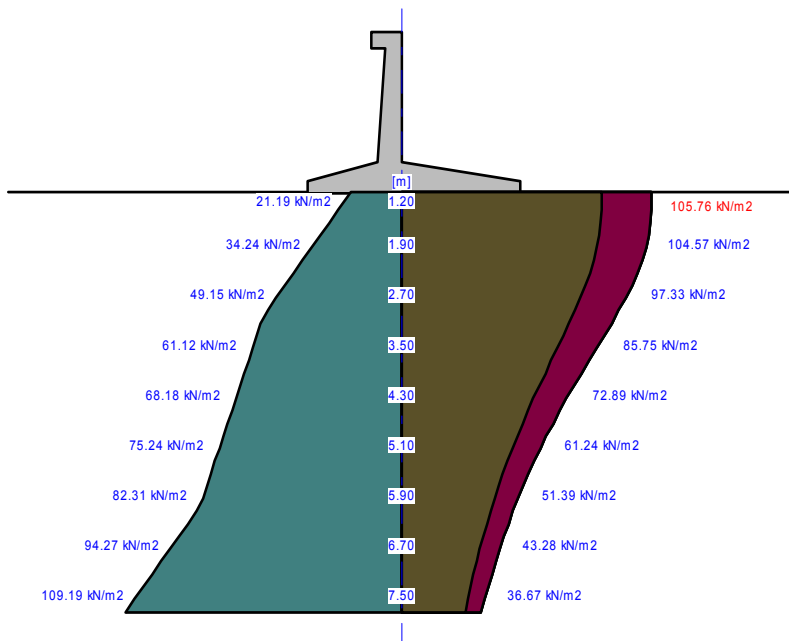


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	σ_{ZR} [kN/m ²]	σ_{ZS} [kN/m ²]	σ_{ZD} [kN/m ²]	Suma = $\sigma_{ZS} + \sigma_{ZD}$ [kN/m ²]
0	1.20	21.19	21.19	84.56	105.75
1	1.30	23.05	21.19	84.57	105.76
2	1.50	26.78	21.17	84.49	105.66
3	1.70	30.51	21.10	84.19	105.29
4	1.90	34.24	20.95	83.61	104.57
5	2.10	37.96	20.72	82.69	103.41
6	2.30	41.69	20.40	81.39	101.79
7	2.50	45.42	19.98	79.74	99.72
8	2.70	49.15	19.50	77.82	97.33

260-Ściana oporowa kąтова

9	2.90	52.88	18.97	75.68	94.65
10	3.10	56.60	18.40	73.43	91.84
11	3.30	59.35	17.78	70.93	88.71
12	3.50	61.12	17.18	68.57	85.75
13	3.70	62.88	16.53	65.97	82.50
14	3.90	64.65	15.88	63.37	79.25
15	4.10	66.41	15.24	60.80	76.04
16	4.30	68.18	14.61	58.28	72.89
17	4.50	69.95	13.99	55.83	69.82
18	4.70	71.71	13.40	53.46	66.85
19	4.90	73.48	12.82	51.17	63.99
20	5.10	75.24	12.27	48.97	61.24
21	5.30	77.01	11.74	46.86	58.61
22	5.50	78.77	11.24	44.85	56.09
23	5.70	80.54	10.76	42.93	53.68
24	5.90	82.31	10.30	41.09	51.39
25	6.10	84.07	9.86	39.35	49.21
26	6.30	86.82	9.44	37.69	47.13
27	6.50	90.55	9.05	36.11	45.16
28	6.70	94.27	8.67	34.61	43.28
29	6.90	98.00	8.32	33.18	41.50
30	7.10	101.73	7.98	31.83	39.81
31	7.30	105.46	7.65	30.54	38.20
32	7.50	109.19	7.35	29.32	36.67
33	7.70	112.91	7.06	28.16	35.22
34	7.90	116.64	6.78	27.06	33.84

Legenda:

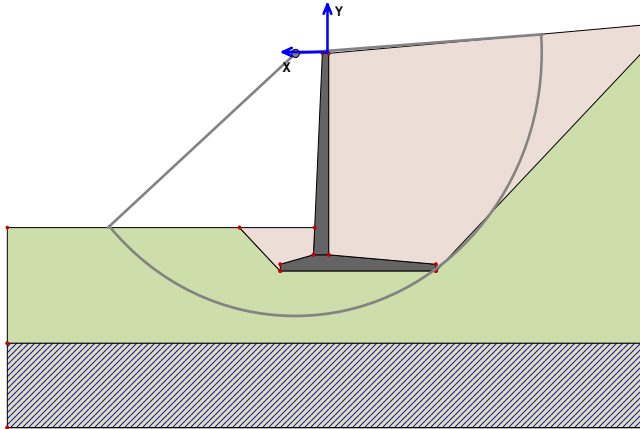
H [m] - głębokość liczona od poziomu terenu

σ_{ZR} [kN/m²] - naprężenia pierwotne

σ_{ZS} [kN/m²] - naprężenia wtórne

σ_{zd} [kN/m²]

- naprężenia dodatkowe od obciążenia własnego

Przemieszczenia korony ścianyPrzemieszczenie względne wywołane nierównomiernym osiadaniem $f_1/H = 0.0024 \leq 0.006$ Przemieszczenie względne wywołane odkształceniem elementu żelbetowego $f_2/H = 0.0054 > 0.004$. Nie zgodne z normą.Sumaryczne ugięcie korony ściany $f = f_1 + f_2 = 1.42 \text{ cm} + 3.23 \text{ cm} = 4.65 \text{ cm} \leq 0.015 \cdot H = 9.00 \text{ cm}$ **Najniekorzystniejszy łuk**

Charakterystyka łuku:

 $x_{\text{śr}} = 1.00 \text{ m}$; $y_{\text{śr}} = 0.00 \text{ m}$; $R = 7.31 \text{ m}$;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.99	2.02	1.71	1.74

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 50.15 \text{ m}^3$.