

### Analiza ściany oporowej

Program powiązany:	Ściana oporowa
Plik powiązany:	Demo_manual_03.gtz

Niniejszy rozdział przedstawia przykład obliczania istniejącej ściany oporowej w trwałej oraz wyjątkowej sytuacji obliczeniowej. Przedstawiono ponadto problematykę definiowania faz budowy.

#### Zadanie

Przeprowadzić analizę istniejącej ściany oporowej na obrót i przesuw oraz stateczności globalnej konstrukcji zgodnie z podejściem obliczeniowym DA2 według normy EN 1997-1.

Obciążenie naziomu ruchem drogowym wynosi 10 kN/m<sup>2</sup>. Przeanalizuj możliwość zamontowania dodatkowej bariery na koronie muru oporowego. Obciążenie wyjątkowe od uderzenia pojazdu w barierę należy przyjąć o wartości 50 kN/m działające poziomo 1,0 m powyżej korony muru. Wymiary oraz geometrię betonowej ściany przedstawiono na poniższym schemacie. Nachylenie terenu za ścianą oporową wynosi  $\beta = 10^{\circ}$  na odległości 3,0 m. Podłoże gruntowe składa się z pyłów piaszczystych (saSi). Kąt tarcia konstrukcja - grunt wynosi  $\delta = 18^{\circ}$ .

Określenie nośności i wymiarowanie ściany nie jest przedmiotem tego zadania. Do obliczeń przyjąć efektywne wartości parametrów gruntu.



Schemat analizowanej ściany oporowej

#### Rozwiązanie:

W celu wykonania tego zadania skorzystaj z programu Ściana oporowa zawartego w pakiecie GEO5. Przewodnik przedstawia kolejne kroki obliczania przykładu z uwzględnieniem dwóch faz budowy:

- faza 1 obliczanie ściany oporowej ze względu na obciążenie naziomu ruchem drogowym,
- faza 2 obliczanie ściany oporowej ze względu na uderzenie pojazdu w barierę znajdującą się na koronie ściany.

#### Faza 1

W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia" a następnie wybierz z listy dostępnych ustawień obliczeń numer 4 – "Standardowe – EN 1997 – DA2".

2	) Lista ustawi	eń obliczeń	1111		×
Г	Numer	Nazwa	Ważne dla		]
ΙE	1	Standardowe - współczynniki bezpieczeństwa	Wszystkie	×	
iΕ	2	Standardowe - stany graniczne	Wszystkie		
	3	Standardowe - EN 1997 - DA1	Wszystkie	=	
	4	Standardowe - EN 1997 - DA2	Wszystkie		
IΓ	5	Standardowe - EN 1997 - DA3	Wszystkie		
IΓ	6	Standardowe - LRFD 2003	Wszystkie		
IE	7	Standardowe - bez redukcji parametrów	Wszystkie		
IE	8	Republika Czeska - stare normy ČSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)	Wszystkie		I OK
	11	Polska - EN 1997	Wszystkie	-	🛛 Anuluj

Okno dialogowe "Lista ustawień obliczeń"

Następnie przejdź do ramki "Geometria" i wybierz kształt ściany oporowej oraz wprowadź dane geometryczne ściany.



Ramka "Geometria"



Następnym krokiem jest wprowadzenie danych dotyczących materiałów i warunków geotechnicznych. Ciężar objętościowy ściany oporowej wynosi  $\gamma = 24 \ kN/m^3$ . Ściana wykonana jest z betonu klasy C12/15 i zbrojona prętami ze stali B500. Wybierz właściwą klasę betonu klikając na przycisk "Katalog".



Ramka "Materiał" – wybór odpowiedniej klasy betonu

Następnie przejdź do ramki "Grunty" - zdefiniuj parametry gruntów zgodnie z poniższą tabelą i przyporządkuj grunty do odpowiednich warstw w profilu.

#### Tabela z parametrami gruntu

Grunt	Ciężar objętościowy	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	Efektywna spójność gruntu	Kąt tarcia konstrukcja - grunt
(Klasyfikacja gruntu)	$\gamma \left[ kN/m^{3} ight]$	$arphi_{ef}\left[^{\circ} ight]$	$c_{ef} [kPa]$	$\delta = [\circ]$
saSi - pył piaszczysty, konsystencja - plastyczny	18,0	26,5	12	18,0



W ramce "Grunty" dodaj nowy grunt, klikając przycisk "Dodaj". Wprowadź parametry gruntu tak, jak pokazano na rysunku poniżej.

— Identyfikacja ———				— Pokazuj — — — — — — — — — — — — — — — — — — —
Nazwa :	SaSi			Kategoria szrafury :
Pył piaszc	zysty, konsystencja twardop	olastyczna		GEO 🗸
- Dane podstawowe -			~~?	Wyszukiwanie :
Ciężar objętościowy :	γ = 18,00	[kN/m <sup>3</sup> ]	18,0	Podkategoria :
Stan naprężeń :	efektywne	-		Grunty (1 - 16) 🔹
Kąt tarcia wewnętrznego :	φ <sub>ef</sub> = 26,50	[°]	24 - 29	Szrafura :
Spójność gruntu :	c <sub>ef</sub> = 12,00	[kPa]	8 - 16	
Kat tarcia konstrukcja-grunt	: δ = 18,00	[°]		()////////////////////////////////////
<ul> <li>Parcie spoczynkowe</li> </ul>			?	2 Pył piaszczysty
Grunt :	spoisty	•		Kolor :
Współczynnik Poisson'a :	v = 0,35	[-]	0,35	•
— Wypór ———			?	Tło :
Sposób obliczania wyporu :	domyślny	•		automatyczne 💌
Ciężar gruntu nawodn. :	γ <sub>sat</sub> = 20,00	[kN/m <sup>3</sup> ]		Stopień wilgotności <10 - 90> : 50 [%]
Klasyfikuj Wyczy	ść 🔠 Dane IFC			V OK X Anuluj

Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt"

Uwaga: Wartość parcia czynnego zależy od kąta tarcia konstrukcja - grunt wyrażonego w funkcji kąta tarcia wewnętrznego  $\delta \approx \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot \varphi_{ef}$ . Do obliczeń parcia gruntu przyjęto wartość tarcia konstrukcja - grunt na poziomie  $2_{3} \cdot \varphi_{ef}$  ( $\delta = 18^{\circ}$ ). (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).

Przejdź do ramki "Teren" i wybierz profil terenu znajdującego się za ścianą oporową. Określ parametry terenu, takie jak długość nasypu i kąt nachylenia, zgodnie z poniższym schematem.

1						
	t	Zagłębienie terenu poni	żej wie	erzchu konstrukcji :	h =	0,00 [m]
		— Parametry terenu —				
	5	Długość nasypu :	d =	3,00	[m]	
		🔘 Wysokość nasypu :	V =	0,53	[m]	
		O Nachylenie :	1:s =	5,67	[-]	
		Kąt nachylenia :	β=	10,00	[°]	
Teren						

Ramka "Teren"

Przejdź do ramki "Obciążenie" i zdefiniuj nowe obciążenie. Dodaj obciążenie naziomu ruchem drogowym jako obciążenie "pasmowe" zlokalizowane "na powierzchni", a rodzaj oddziaływania wybierz "zmienne".

Nazwa : Obciążenie nr 1 - ruch drogowy					
— Charakterystyk	a obci	iążenia —			
Rodzaj :		Pasmowe	-	_	
Rodzaj oddziaływ	ania :	zmienne	<b>.</b>		
Lokalizacja :		na powierzchni	•	-	
Początek :	x =	3,00	[m]		~
Długość :	I =	10,00	[m]		
				~	
— Wartość obciąż	tenia -				
Wartość :	q =	10,00	[kN/m <sup>2</sup> ]		
	OK	+ 🕇 OK	+ +	✔ OK	🗙 Anuluj

Okno dialogowe "Nowe obciążenie"



Pominiemy zakładkę "Odpór na licu" – przyjęto, że ściana oporowa spoczywa bezpośrednio na gruncie, a teren przed ścianą jest poziomy.

Uwaga: Pomijając odpór na licu ściany oporowej otrzymamy bardziej zachowawcze wyniki obliczeń. Wartość odporu na licu zależy od parametrów gruntu oraz swobody przemieszczeń konstrukcji. Parcie spoczynkowe gruntu można uwzględniać w przypadku gruntów rodzimych lub bardzo dobrze zagęszczonych. Parcie bierne można uwzględniać jedynie w przypadku, gdy dozwolona jest swoboda przemieszczeń konstrukcji. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).

Przejdź do ramki "Ustawienia fazy" i wybierz sytuację obliczeniową. W pierwszej fazie budowy przyjmij trwałą sytuację obliczeniową.

Sytuacja obliczeniowa :	trwała	•
Parcie działające na ścianę :	Ściana może się przemieścić (parcie czynne)	•

Ramka "Ustawienia fazy"

Następnie przejdź do ramki "Analiza", w której wykonywane jest sprawdzenie ściany oporowej na obrót oraz przesuw.



Ramka "Analiza – faza 1"

Uwaga: Przycisk "Szczegółowo" w prawym górnym rogu ramki otwiera okno dialogowe "Analiza" zawierające szczegółowe informacje o wynikach przeprowadzonych obliczeń.

🕗 Analiza						-	□ ×
Wyznaczone siły oddziałujące na konstrukcję							
Nazwa	Fhor	Miej.Przyłoż.	Fvert	Miej.Przyłoż.	Wsp.	Wsp.	Wsp.
	[kN/m]	z [m]	[kN/m]	x [m]	obrót	przesuw	naprężenie
Ciężar - ściana	0,00	-2,80	247,20	1,67	1,000	1,000	1,350
Parcie czynne	84,17	-1,73	27,35	2,50	1,350	1,350	1,350
Obciążenie nr 1 - ruch drogowy	16,36	-2,72	6,05	2,50	1,500	1,500	1,500
Sprawdzenie carej sciały Sprawdzenie na obrót Moment utrzymujący M <sub>res</sub> = 376,91 kNm/m Moment obracający M <sub>ovr</sub> = 263,73 kNm/m Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA Sprawdzenie na przeciwi							
Siła pozioma utrzymująca H <sub>res</sub> = 152,53 kN/m Siła pozioma utrzymująca H <sub>act</sub> = 138,17 kN/m Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA							
Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA							
Maksymalne naprężenie pod podstawą fundamentu : 176,53 kPa							

#### Okno dialogowe "Analiza"

Uwaga: W przypadku obliczeń prowadzonych zgodnie z normą EN-1997 program sam określa siły działające korzystnie i niekorzystnie na konstrukcję, a następnie mnoży wartość każdego oddziaływania przez odpowiedni współczynnik częściowy obciążeń, co jest później widoczne w raporcie z obliczeń.

Następnie wybierz zakładkę "Stateczność" i wykonaj obliczenia stateczności ogólnej ściany oporowej. Program "Stateczność zbocza" otworzy się automatycznie. Przejdź do ramki "Obliczenia" i wybierz do analizy stateczności metodę Bishopa. Przeprowadź obliczenia wyszukiwania najbardziej krytycznej kołowej powierzchni poślizgu wybierając opcję "**Optymalizacja**". Obliczenia uruchom za pomocą przycisku "Oblicz". Kiedy obliczenia zostaną zakończone, wybierz przycisk "Zakończ i prześlij dane" w prawym dolnym rogu ekranu – wyniki obliczeń pokazane zostaną w dokumentacji z obliczeń w programie "Ściana oporowa".

100 - 77/0 - 820 - 55/0 - 440 - 1200 - 1200 - 100 - 300 - 400 - 700 - 500 - 400 - 300 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 200 - 100 - 20	19.00 20.00 ; [m] Tryby -
	Projekt
	🗱 Ustawienia
	Cinie warstw
	Grunty
	LE Elementy sztywne
	Przyporządkowanie
	∫-//-// J∈ Kotwy
	/·//// / / / / / / / / / / / / / / / /
	JE Zbrojenie
	1 Pale stabilizujące
	- Obciążenie
	/ / / / Woda
	👫 Sejsmika
	12 Ustawienia fazy
	🤳 Obliczenia
	Wyniki _
	B* Dodaj rysunek
	Obliczenia : 0
	Ogółem : 0
4 Analiza: 🛞 🚍 🔟	
	E Lista rysunków
Powierzchnia policyu: kolowa 👻 🔿 🕉 Definiuj graficznie 🗶 Edytuj tekstowe 🗶 Usuń 🕻 Konwertuj na kamana 👂 W	Ista rysunków           Imiki szczegółowe           Imiki szczegółowe
Powierzchnia poślagu : kolowa • 💭 Definiuj graficznie 🖉 Edytuj tekstowo 🗶 Usuń C) Konwertuj na łamaną 🖇 W Dolicz Parametry obliczeń – Kolowa powierzchnia poślagu Analiza stateczności zbocza (Bishop)	miki szczegółowe
Powierzchnia poślagu:         Kolowa w         © (*) Edytuj tekstowe         X Usuni         C) Konwertuj na kamana         # W           Dblicz         - Parametry obliczeń         - Kolowa powierzchnia poślagu         Analiza stateczności zbocza (Bishop)         Sma ski aktywnych:         F, = 437,42 kW/m         Sma ski aktywnych:         F, = 437,22 kW/m         Sma ski aktywnych:         F, = 437,21 kW/m         Sma ski aktywnych:         F, =	miki szczegółowe 🛱 Administrator załączników
Bulker         Convertion politique: kolowa *         Convertion a location a lo	Isita rysunków           miki szczegółowe           Image: Administrator załączników           Image: Administrator załączników
Powierzchnia podiragu:         kolowa v         O To befinigi gaficznie         É dynuj tekstowo         X Usun         C) Konwertuj na kamana         F w           -Parametry obliczeń         - Kolowa powierzchnia podiłagu         - Kolowa powierzchnia podiłagu         - Kakża statecności dłocza (Błoboj)         - Samaża statecności dłocz	miki szczególowe
Powierzchnia podizgu:         Kolowa *         O Definiuj graficznie         Z Edytuj tekstowo         X Usun         C) Konvectuj na kamana         # w           Parametry obliczeń         - Parametry obliczeń         - Kolowa powierzchnia podizgu:         - Analiza stateczności zbocza (Biołogo)         Analiza stateczności zbocza (Biołogo)         Soma si a bitywnych:         F. = 47,42 kWm         Moment przesuwający:         M. = 416,51 kWm         Moment przesuwający:         M. = 416,51 kWm         Moment przesuwający:         M. = 412,63 kWm         Moment przesuwający:         M. = 412,63 kWm         Moment przesuwający:         M. = 412,63 kWm         Soma si a bitywich in targe:         So a si a bitywich in targe:         Soma si a bitywich in targe: <td>miki szczegółowe Carlina Administrator załęczników III. Administrator załęczników III. Kopuj widok Sterowanie V Zakołac i przebł j dane</td>	miki szczegółowe Carlina Administrator załęczników III. Administrator załęczników III. Kopuj widok Sterowanie V Zakołac i przebł j dane

Program "Stateczność zbocza – faza 1"

#### Wyniki obliczeń: Faza 1

Przeprowadzając obliczenia nośności ściany oporowej analizujemy ścianę ze względu na obrót oraz przesuw w poziomie posadowienia. Musimy również sprawdzić stateczność ogólną zbocza. Poziom wykorzystania analizowanej konstrukcji wynosi:

_	Obrót: 70,0 %	$M_{res} = 376,91 > M_{ovr} = 263,73$ [kNm/m]	SPEŁNIA WYMAGANIA
_	Przesuw: 90,6 %	$H_{res} = 152,53 > H_{act} = 138,17 \text{ [kN/m]}$	SPEŁNIA WYMAGANIA
_	Stateczność ogólna:	87,5 % Metoda Bishopa (optymalizacja)	SPEŁNIA WYMAGANIA

#### Faza 2

Wprowadź drugą fazę budowy korzystając z paska narzędzi znajdującego się w lewym górnym rogu ekranu.



Pasek narzędzi "Faza budowy"

W drugiej fazie budowy zdefiniuj obciążenie od uderzenia pojazdu w barierę wykorzystując ramkę "Zdefiniowane siły". Obciążenie ma charakter wyjątkowy. Nową siłę dodamy klikając przycisk "Dodaj" i określając parametry zgodnie z poniższym schematem.



Ramka "Zdefiniowane siły" – dodawanie nowego obciążenia

Nowa siła		×
Nazwa : Siła Nr 1 - uder	zenie pojazdu	
Rodzaj	liniowa	• [0,0] F
Oddziaływanie :	wyjątkowe	
Punkt przyłożenia : x =	-0,35 [m]	+z
Punkt przyłożenia : z =	-1,00 [m]	
Wartość siły : F <sub>x</sub> =	-50 [kN/	m]
Wartość siły : F <sub>z</sub> =	0,00 [kN/	m]
Wartość momentu : M =	0,00 [kNr	n/m]
	🕂 Doda	j 🗙 Anuluj

Okno dialogowe "Nowa siła" – faza 2 (wyjątkowa sytuacja obliczeniowa)

Następnie przejdź do ramki "Ustawienia fazy" i zmień sytuację obliczeniową na wyjątkową. Program przyjmie do analizy częściowe współczynniki obliczeń odpowiednie dla sytuacji wyjątkowej.



Sytuacja obliczeniowa :	wyjątkowa	•
Parcie działające na ścianę :	Ściana może się przemieścić (parcie czynne)	•

Ramka "Ustawienia fazy"

Dane wprowadzone w pozostałych ramkach w fazie 1 nie uległy zmianie, więc nie musimy ponownie otwierać tych ramek. Teraz przejdź do ramki "Analiza", aby przeprowadzić ponowne obliczenia nośności ściany oporowej na obrót i przesuw.



Ramka "Analiza – faza 2"

#### Wyniki obliczeń: Faza 2

Przeprowadzone obliczenia nośności pokazują, że istniejąca ściana oporowa ma niewystarczającą nośność, aby przenieść siłę od uderzenia pojazdu w barierę. Poziom wykorzystania nośności analizowanej konstrukcji w fazie 2 wynosi:

_	Obrót: 116,3 %	$M_{res} = 488,62 < M_{ovr} = 568,13$ [kNm/m]	NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ
_	Przesuw: 102,9 %	$H_{res} = 138,39 < H_{act} = 142,35 \text{ [kN/m]}$	NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ

#### Podsumowanie

Istniejąca ściana oporowa ma wystarczającą nośność w pierwszej fazie budowy, w przypadku obciążenia naziomu wyłącznie ruchem drogowym. W drugiej fazie budowy, która symuluje obciążenie ściany oporowej uderzeniem pojazdu w barierę znajdującą się na koronie ściany, istniejąca konstrukcja nie ma wystarczającej nośności.



Rozwiązaniem problemu jest zwiększenie nośności ściany oporowej na obrót i przesuw, na przykład poprzez wykonanie kotew gruntowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest zamontowanie bariery w gruncie na skraju drogi tak, aby konstrukcja ściany nie była obciążona siłą od uderzenia pojazdu w barierę na skutek ewentualnego wypadku.