

Obliczenia z zastosowaniem metody elementów skończonych

Topologia

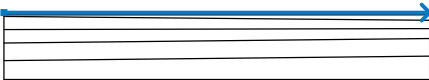
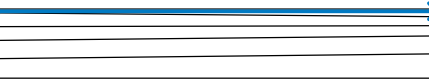
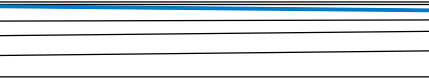
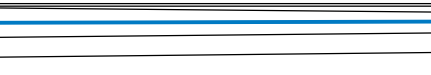
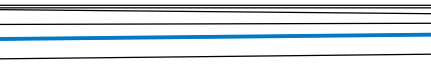

Projekt

Zadanie : Budowa zbiornika retencyjnego ZB 12 i przebudowa ul Zgodnej
Część : Załącznik nr 2.2 - osiadanie drogi techn.
Opis : Projekt posadowienia- załącznik 2.2
Zamawiający : Gmina Dobra
Autor : Stanisław Majer, Grzegorz Szmechel
Data : 2025-08-28
Numer zamówienia : 249/2024 - P-1234/2024.

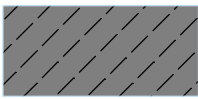



Globalne ustawienia obliczeń

Geometria zadania : Płaski stan odkształcenia
Metoda obliczeń : Naprężenie
Tunele : nie
Umożliwiają definiowanie wody za pomocą analizy przepływu ustalonego : nie
Umożliwiają analizę dynamiczną sejsmiki : nie
Konstrukcje betonowe : EN 1992-1-1 (EC2)
Obliczenie naprężenia geostatycznego (1. faza) : Naprężenie geostatyczne
Zaawansowane parametry generowania siatki : nie
Zaawansowane parametry gruntów : nie
Zaawansowane modele gruntów : nie
Wyniki szczegółowe : nie

Warstwa

Nr	Lokalizacja warstwy	Współrzędne punktów warstwy [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	34,28	45,00	34,28		
2		0,00	34,04	45,00	34,04		
3		0,00	33,88	45,00	33,48		
4		0,00	32,48	45,00	32,58		
5		0,00	31,08	45,00	31,54		
6		0,00	29,22	45,00	29,69		

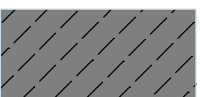



Parametry gruntów - dane podstawowe

Nr	Nazwa	Szrafura	γ [kN/m ³]	E [MPa]	ν [-]
1	GH/Hm		16,00	0,20	0,27
2	T		11,00	0,20	0,27
3	Nm/Gy		11,00	0,90	0,22
4	Pd		18,00	30,00	0,32

Parametry gruntów - dane na podstawie modelu

Nr	Model materiałowy	c_{ef} [kPa]	ϕ_{ef} [°]	ψ [°]
1	Drucker-Prager	10,00	10,00	0,00
2	Drucker-Prager	10,00	10,00	0,00
3	Drucker-Prager	10,00	15,00	0,00
4	Drucker-Prager	1,00	32,00	0,00

Parametry gruntów - wypór

Nr	Nazwa	Szrafura	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	GH/Hm		18,00		
2	T		18,00		
3	Nm/Gy		18,00		
4	Pd		18,00		

Parametry gruntu

GH/Hm

Model materiałowy : Drucker-Prager
 Ciężar objętościowy : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
 Współczynnik Poisson'a : $\nu = 0,27$
 Moduł sprężystości : $E = 0,20 \text{ MPa}$
 Zmiana modułu sprężystości : $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$

Moduł odciążenie / dociążenie : $E_{ur} = 0,40 \text{ MPa}$
 Kąt tarcia wewnętrznego : $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$
 Spójność gruntu : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Kąt dylatacji : $\psi = 0,00^\circ$
 Ciężar gruntu nawodn. : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

T

Model materiałowy : Drucker-Prager
 Ciężar objętościowy : $\gamma = 11,00 \text{ kN/m}^3$
 Współczynnik Poisson'a : $\nu = 0,27$
 Moduł sprężystości : $E = 0,20 \text{ MPa}$
 Zmiana modułu sprężystości : $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$
 Moduł odciążenie / dociążenie : $E_{ur} = 1,30 \text{ MPa}$
 Kąt tarcia wewnętrznego : $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$
 Spójność gruntu : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Kąt dylatacji : $\psi = 0,00^\circ$
 Ciężar gruntu nawodn. : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$


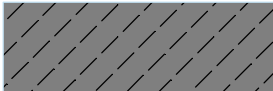
Nm/Gy

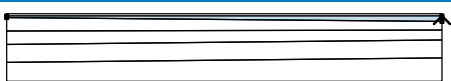
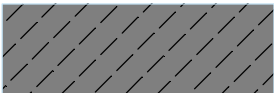
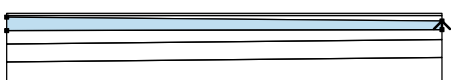

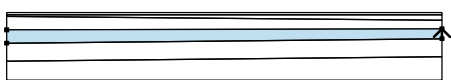

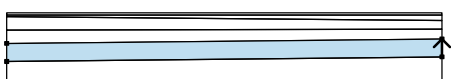



Model materiałowy : Drucker-Prager
 Ciężar objętościowy : $\gamma = 11,00 \text{ kN/m}^3$
 Współczynnik Poisson'a : $\nu = 0,22$
 Moduł sprężystości : $E = 0,90 \text{ MPa}$
 Zmiana modułu sprężystości : $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$
 Moduł odciążenie / dociążenie : $E_{ur} = 3,00 \text{ MPa}$
 Kąt tarcia wewnętrznego : $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$
 Spójność gruntu : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Kąt dylatacji : $\psi = 0,00^\circ$
 Ciężar gruntu nawodn. : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Pd

Model materiałowy : Drucker-Prager
 Ciężar objętościowy : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Współczynnik Poisson'a : $\nu = 0,32$
 Moduł sprężystości : $E = 30,00 \text{ MPa}$
 Zmiana modułu sprężystości : $K_d = 2,00 \text{ MPa/m}$
 Moduł odciążenie / dociążenie : $E_{ur} = 60,00 \text{ MPa}$
 Kąt tarcia wewnętrznego : $\varphi_{ef} = 32,00^\circ$
 Spójność gruntu : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Kąt dylatacji : $\psi = 0,00^\circ$
 Ciężar gruntu nawodn. : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Przyporządkowanie i powierzchnie

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
1		45,00	34,04	45,00	34,28	GH/Hm
		0,00	34,28	0,00	34,04	
						

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
2		45,00	33,48	45,00	34,04	GH/Hm 
		0,00	34,04	0,00	33,88	
3		45,00	32,58	45,00	33,48	T 
		0,00	33,88	0,00	32,48	
4		45,00	31,54	45,00	32,58	Nm/Gy 
		0,00	32,48	0,00	31,08	
5		45,00	29,69	45,00	31,54	Pd 
		0,00	31,08	0,00	29,22	
6		0,00	29,22	0,00	27,22	Pd 
		45,00	27,22	45,00	29,69	

Generacja siatki

Parametry generacji siatki

Długość boku elementu : 0,50 [m]
Wygładzanie siatki : tak
Generuj elementy wielowęzłowe : tak

Wynik generacji siatki

Siatka elementów skończonych została wygenerowana prawidłowo.

Liczba węzłów 8268

Liczba elementów 5331 (powierzchniowych 2687, belkowych 661, kontaktowych 1983)

Dane wejściowe (Faza budowy 1)**Przyporządkowanie i aktywacja**

Nr	Obszar	Aktywny / nieaktywny	Przyporządkowany grunt
1		Aktywny	GH/Hm
2		Aktywny	GH/Hm
3		Aktywny	T
4		Aktywny	Nm/Gy
5		Aktywny	Pd
6		Aktywny	Pd

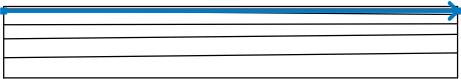
Podparcia liniowe

Nr	Lokalizacja	Podparcie	
		W kierunku X	W kierunku Z
A1	Linia siatki nr 17	utwierdzone	swobodne
A2	Linia siatki nr 15	utwierdzone	swobodne
A3	Linia siatki nr 12	utwierdzone	swobodne
A4	Linia siatki nr 9	utwierdzone	swobodne
A5	Linia siatki nr 6	utwierdzone	swobodne
A6	Linia siatki nr 3	utwierdzone	swobodne
A7	Linia siatki nr 19	utwierdzone	swobodne
A8	Linia siatki nr 14	utwierdzone	swobodne
A9	Linia siatki nr 11	utwierdzone	swobodne
A10	Linia siatki nr 8	utwierdzone	swobodne
A11	Linia siatki nr 5	utwierdzone	swobodne
A12	Linia siatki nr 1	utwierdzone	swobodne

Nr	Lokalizacja	Podparcie	
		W kierunku X	W kierunku Z
A13	Linia siatki nr 18	utwierdzone	utwierdzone
A1 do A13 - automatycznie generowane warunki brzegowe.			

Woda

Rodzaj wody : ZWG

Nr	Lokalizacja ZWG	Współrzędne punktów ZWG [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	33,84	45,00	33,84		

Ustawienia obliczeń

Naprężenie

Metoda : Newton - Raphson
 Zmiana macierzy sztywn. : po każdej iteracji
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku oblicz. : 100
 Początkowy krok obliczeniowy : 0,25
 Tolerancja błędu przemieszczenia : 0,0100
 Tolerancja błędu niezrównoważonych sił : 0,0100
 Tolerancja błędu energii : 0,0100
 Uwzględniaj granice materiałowe : nie

Plastyczność

Tolerancja błędu powrotu do pow. plast. : 0,00100
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku plast. : 20

Newton - Raphson

Stopień relaksacji kroku obliczeniowego : 2,00
 Maksymalna liczba relaksacji kroku obliczeniowego : 2
 Min. liczba relaksacji dla jednego kroku oblicz. : 1

Line search

Metoda obliczeń : nie iteruj
 Line search limit - minimum : 0,100
 Line search limit - maksimum : 1,000

Wyniki (Faza budowy 1)

Obliczenia naprężeń zostały zakończone prawidłowo.

Ustawienia obliczeń : domyślne

Osiągnięte obciążenie = 100,00 %

Ekstrema

Naprężenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Naprężenie całkowite $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	4,31	34,28	-0,02	13,00	27,22	126,03
Naprężenie efektywne $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	4,31	34,28	-0,02	13,00	27,22	59,83
Naprężenie całkowite $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	3,69	34,28	-0,47	13,00	27,22	94,35
Naprężenie efektywne $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	3,69	34,28	-0,47	13,00	27,22	28,15

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Napężenie ścinające τ_{xz} [kPa]	6,16	33,83	-0,08	5,00	27,22	0,64

Odształcenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekwiwalentne odkształcenie dewiatorowe E_d [%]	8,91	34,28	0,00	6,40	32,86	5,09
Ekwiwalentne dewiatorowe odkształcenie plastyczne $E_{d, pl}$ [%]	0,00	34,04	0,00	0,00	34,04	0,00

Stopień mobilizacji (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Zmobilizowana wytrzymałość [%]	0,50	34,28	0,00	7,43	28,44	87,43

Ciśnienia porowe (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]	
Całkowite ciśnienie porowe u_{tot} [kPa]	45,00	27,22	66,20

Dane wejściowe (Faza budowy 3)**Obciążenie**


Nr	Obciążenie		Rodzaj	Lokalizacja / Punkt 1 z [m] / x ₁ [m]	Początek / Punkt 1 x [m] / z ₁ [m]	Długość / Punkt 2 l [m] / x ₂ [m]	Szerokość / Punkt 2 b [m] / z ₂ [m]	Nachylenie α [°]	Wielkość		
	nowe	zmiana							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednostka
1	Tak		pasmowe	na powierzchni	x = 8,00	l = 2,50		0,00	12,50		kN/m ²

Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Konstrukcja + ruch

Woda

Rodzaj wody : ZWG

Nr	Lokalizacja ZWG	Współrzędne punktów ZWG [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	33,84	45,00	33,84		

Ustawienia obliczeń**Naprężenie**

Metoda : Newton - Raphson
 Zmiana macierzy sztywn. : po każdej iteracji
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku oblicz. : 100
 Początkowy krok obliczeniowy : 0,25
 Tolerancja błędu przemieszczenia : 0,0100
 Tolerancja błędu niezrównoważonych sił : 0,0100
 Tolerancja błędu energii : 0,0100
 Uwzględniaj granice materiałowe : nie

Plastyczność

Tolerancja błędu powrotu do pow. plast. : 0,00100
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku plast. : 20

Newton - Raphson

Stopień relaksacji kroku obliczeniowego : 2,00
 Maksymalna liczba relaksacji kroku obliczeniowego : 2
 Min. liczba relaksacji dla jednego kroku oblicz. : 1

Line search

Metoda obliczeń : nie iteruj
 Line search limit - minimum : 0,100
 Line search limit - maksimum : 1,000

Wyniki (Faza budowy 3)**Obliczenia naprężeń zostały zakończone prawidłowo.**

Ustawienia obliczeń : domyślne

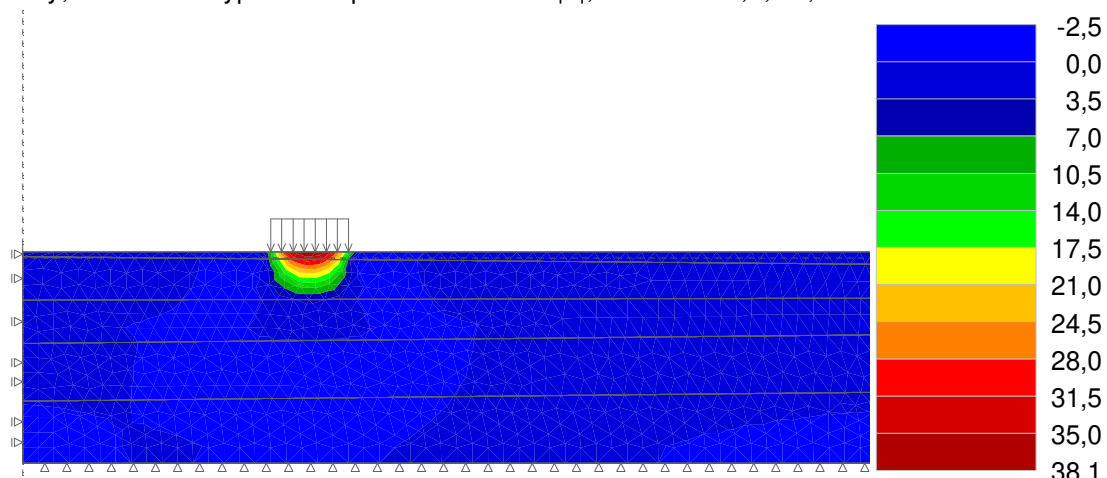
Osiągnięte obciążenie = 100,00 %

Nazwa : Obliczenia

Faza : 3

Opis : Osiadanie- faza budowy nawierzchni [mm]

Wyniki : wzgl. poprz. fazy; zmienna : Wypadkowa przemieszczenia |d|; zakres : <-2,5; 38,1> mm



Ekstrema

Przemieszczenia (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Przemieszczenia x [mm]	0,00	0,00	-9,7	10,36	34,04	10,2
Przemieszczenia z [mm]	10,36	34,04	-7,8	9,48	34,04	44,6

Napężenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Napężenie całkowite $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	9,50	27,22	125,83
Napężenie efektywne $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	9,50	27,22	59,63
Napężenie całkowite $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,44	34,04	-2,80	9,00	27,22	94,26
Napężenie efektywne $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,44	34,04	-2,80	9,00	27,22	28,06
Napężenie ścinające τ_{xz} [kPa]	10,31	33,39	-2,52	7,92	33,45	2,84

Odształcenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekwiwalentne odkształcenie dewiatorowe E_d [%]	1,35	30,74	0,05	9,44	32,86	7,70
Ekwiwalentne dewiatorowe odkształcenie plastyczne $E_{d, pl}$ [%]	0,00	33,88	0,00	9,32	30,80	0,00

Stopień mobilizacji (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Zmobilizowana wytrzymałość [%]	0,50	34,04	0,00	9,32	30,80	99,95

Ciśnienia porowe (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]	
Całkowite ciśnienie porowe u_{tot} [kPa]	45,00	27,22	66,20

Dane wejściowe (Faza budowy 4)**Obciążenie**


Nr	Obciążenie		Rodzaj	Lokalizacja / Punkt 1 z [m] / x ₁ [m]	Początek / Punkt 1 x [m] / z ₁ [m]	Długość / Punkt 2 l [m] / x ₂ [m]	Szerokość / Punkt 2 b [m] / z ₂ [m]	Nachylenie α [°]	Wielkość		
	nowe	zmiana							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednostka
1	Nie	Tak	pasmowe	na powierzchni	x = 8,00	l = 2,50		0,00	22,50		kN/m ²

Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Konstrukcja + ruch

Woda

Rodzaj wody : ZWG

Nr	Lokalizacja ZWG	Współrzędne punktów ZWG [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	33,84	45,00	33,84		

Ustawienia obliczeń**Naprężenie**

Metoda : Newton - Raphson
 Zmiana macierzy sztywn. : po każdej iteracji
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku oblicz. : 100
 Początkowy krok obliczeniowy : 0,25
 Tolerancja błędu przemieszczenia : 0,0100
 Tolerancja błędu niezrównoważonych sił : 0,0100
 Tolerancja błędu energii : 0,0100
 Uwzględniaj granice materiałowe : nie

Plastyczność

Tolerancja błędu powrotu do pow. plast. : 0,00100
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku plast. : 20

Newton - Raphson

Stopień relaksacji kroku obliczeniowego : 2,00
 Maksymalna liczba relaksacji kroku obliczeniowego : 2
 Min. liczba relaksacji dla jednego kroku oblicz. : 1

Line search

Metoda obliczeń : nie iteruj
 Line search limit - minimum : 0,100
 Line search limit - maksimum : 1,000

Wyniki (Faza budowy 4)**Obliczenia naprężeń zostały zakończone prawidłowo.**

Ustawienia obliczeń : domyślne

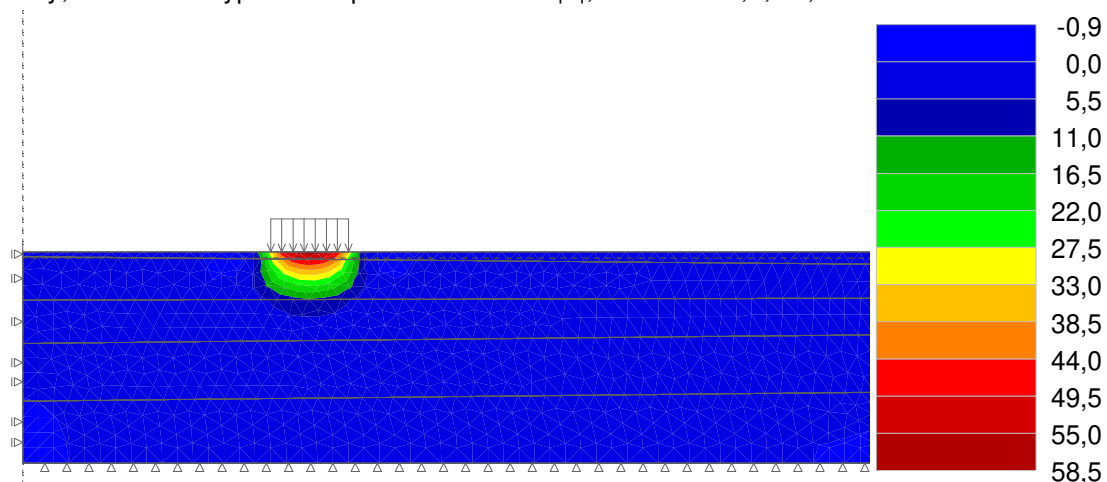
Osiągnięte obciążenie = 100,00 %

Nazwa : Obliczenia

Faza : 4

Opis : Osiadanie korpusu drogi dla fazy eksploatacji se [mm]

Wyniki : wzgl. poprz. fazy; zmienna : Wypadkowa przemieszczenia |d|; zakres : <-0,9; 58,5> mm

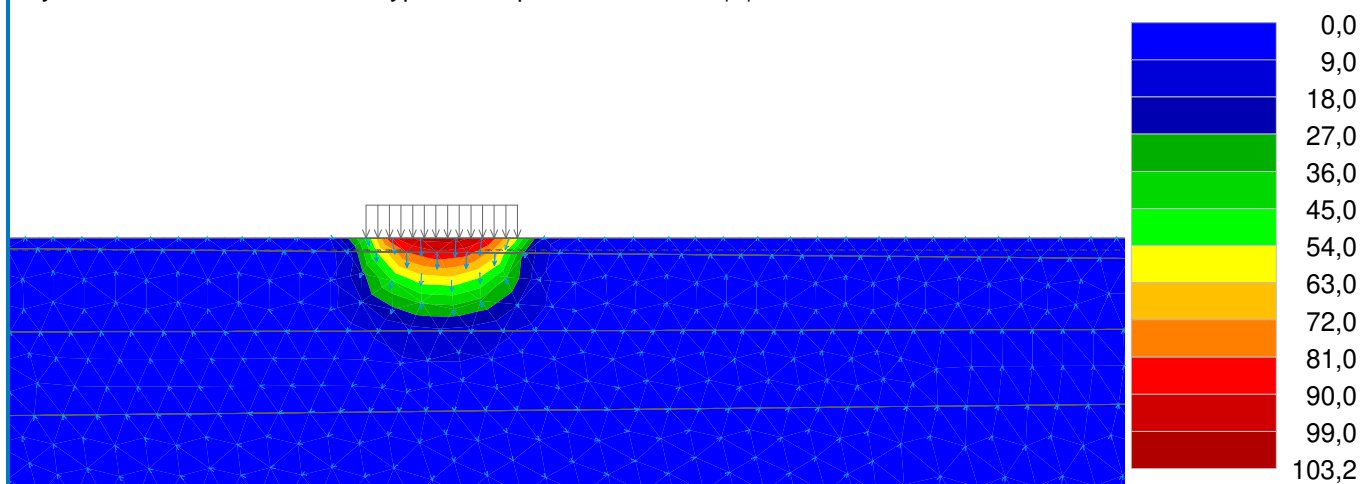


Nazwa : Obliczenia

Faza : 4

Opis : Osiadanie całkowite s [mm]

Wyniki : całkowite; zmienna : Wypadkowa przemieszczenia |d|; zakres : <0,0; 103,2> mm



Ekstrema

Przemieszczenia (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Przemieszczenia x [mm]	0,00	0,00	-20,6	10,36	34,04	20,5
Przemieszczenia z [mm]	10,36	34,04	-7,8	9,48	34,04	103,1

Naprężenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Naprężenie całkowite $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	9,50	27,22	128,24
Naprężenie efektywne $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	9,50	27,22	62,04

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Napężenie całkowite $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,44	34,04	-5,38	9,00	27,22	95,39
Napężenie efektywne $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,44	34,04	-5,38	9,00	27,22	29,19
Napężenie ścinające τ_{xz} [kPa]	10,31	33,39	-4,28	7,92	33,45	4,80

Odkształcenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekwiwalentne odkształcenie dewiatorowe E_d [%]	1,35	30,74	0,05	9,41	33,33	11,30
Ekwiwalentne dewiatorowe odkształcenie plastyczne $E_{d, pl}$ [%]	0,00	33,88	0,00	9,02	32,02	0,34

Stopień mobilizacji (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Zmobilizowana wytrzymałość [%]	0,50	34,04	0,00	8,57	29,31	100,00

Ciśnienia porowe (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]	
Całkowite ciśnienie porowe u_{tot} [kPa]	45,00	27,22	66,20