



Calcul en utilisant la méthode des éléments finis

Topologie

Projet

Activité : EARTHQUAKE

Date : 01.12.2020

Paramètres globaux du calcul

Géométrie de la tâche :

Type de calcul :

Tunnels :

Permettre de saisir l'eau en utilisant le calcul de l'écoulement permanent :

Faciliter le calcul dynamique du séisme :

Structures en béton :

Calcul de l'état initial de contraintes (1ère phase) :

Paramètres détaillés de génération du maillage :

Paramètres détaillés des sols :

Modèles des sols spéciaux :

Charge due à la température :

Résultats détaillés :

Plan

Etat de contraintes

oui

non

oui

EN 1992-1-1 (EC2)

Utiliser la procédure Ko

oui

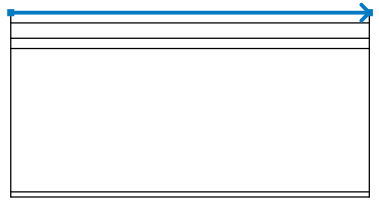
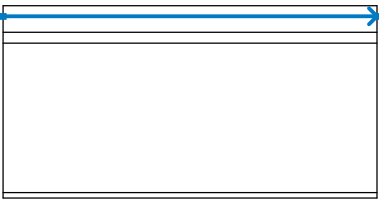
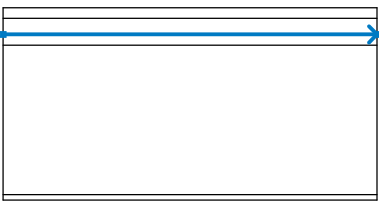
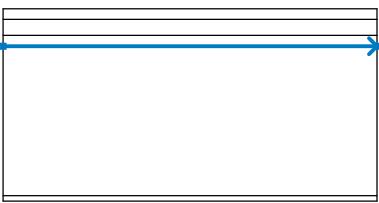
oui

oui

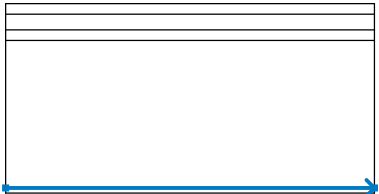
non

oui

Interface

Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-35,00	0,00	35,00	0,00		
2		-35,00	-2,00	35,00	-2,00		
3		-35,00	-5,00	35,00	-5,00		
4		-35,00	-7,00	35,00	-7,00		



Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		-35,00	-35,00	35,00	-35,00		

Paramètres des sols

Soil no.2

Modèle de matériau : Mohr-Coulomb modifié
Poids volumique : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,15$
Module d'élasticité : $E = 25,00 \text{ MPa}$
Paramètre de Biot : $\alpha = 1,00$
Coefficient de la pression latérale au repos : $K_o = 0,610$
Module de détente / surcharge : $E_{ur} = 75,00 \text{ MPa}$
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 25,00^\circ$
Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Angle de dilatation : $\psi = 0,00^\circ$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité dynamique : $E_{dyn} = 185,00 \text{ MPa}$
Coefficient d'amortissement relatif : $\xi = 5,0 \%$

Soil no.1

Modèle de matériau : Mohr-Coulomb modifié
Poids volumique : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,25$
Module d'élasticité : $E = 15,00 \text{ MPa}$
Paramètre de Biot : $\alpha = 1,00$
Coefficient de la pression latérale au repos : $K_o = 0,570$
Module de détente / surcharge : $E_{ur} = 45,00 \text{ MPa}$
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 25,00^\circ$
Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Angle de dilatation : $\psi = 0,00^\circ$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité dynamique : $E_{dyn} = 100,00 \text{ MPa}$
Coefficient d'amortissement relatif : $\xi = 5,0 \%$

Soil no.3

Modèle de matériau : Mohr-Coulomb modifié
Poids volumique : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,28$
Module d'élasticité : $E = 75,00 \text{ MPa}$
Paramètre de Biot : $\alpha = 1,00$
Coefficient de la pression latérale au repos : $K_o = 0,530$



Module de détente / surcharge $E_{ur} = 190,00 \text{ MPa}$
:
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 28,00^\circ$
Cohésion du sol : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Angle de dilatation : $\psi = 0,00^\circ$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité dynamique : $E_{dyn} = 650,00 \text{ MPa}$
Coefficient d'amortissement relatif : $\xi = 5,0 \%$

Soil no.4

Modèle de matériau : Mohr-Coulomb modifié
Poids volumique : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,24$
Module d'élasticité : $E = 150,00 \text{ MPa}$
Paramètre de Biot : $\alpha = 1,00$
Coefficient de la pression latérale au repos : $K_o = 0,370$
Module de détente / surcharge $E_{ur} = 415,00 \text{ MPa}$
:
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 42,00^\circ$
Cohésion du sol : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
Angle de dilatation : $\psi = 0,00^\circ$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité dynamique : $E_{dyn} = 875,00 \text{ MPa}$
Coefficient d'amortissement relatif : $\xi = 5,0 \%$

Soil no.5

Modèle de matériau : élastique modifié
Poids volumique : $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,21$
Paramètre de Biot : $\alpha = 1,00$
Coefficient de la pression latérale au repos : $K_o = 0,320$
Module de rigidité : $E_{def} = 450,00 \text{ MPa}$
Module de détente / surcharge $E_{ur} = 1250,00 \text{ MPa}$
:
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 23,00 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité dynamique : $E_{dyn} = 3250,00 \text{ MPa}$
Coefficient d'amortissement relatif : $\xi = 5,0 \%$

Assigination et surfaces

Num.	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Sol assigné
		x	z	x	z	
1		35,00	-2,00	35,00	0,00	Soil no.1
		-35,00	0,00	-35,00	-2,00	



Num.	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Sol assigné
		x	z	x	z	
2		35,00	-5,00	35,00	-2,00	Soil no.2
		-35,00	-2,00	-35,00	-5,00	
3		35,00	-7,00	35,00	-5,00	Soil no.3
		-35,00	-5,00	-35,00	-7,00	
4		35,00	-35,00	35,00	-7,00	Soil no.4
		-35,00	-7,00	-35,00	-35,00	
5		-35,00	-35,00	-35,00	-36,00	Soil no.5
		35,00	-36,00	35,00	-35,00	

Points libres

Num.	Emplacement		Num.	Emplacement		Num.	Emplacement		Num.	Emplacement	
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]		x [m]	z [m]		x [m]	z [m]
1	-3,00	-15,00	2	3,00	-15,00	3	0,00	-15,00			

Lignes libres

Num.	Type ligne	Manière saisie	Topologie de la ligne
1	arc	rayon	Origine (-3,00; -15,00) [m] , fin (3,00; -15,00) [m] , rayon 3,00 [m] , orientation négatif , angle obtus
2	arc	rayon	Origine (3,00; -15,00) [m] , fin (-3,00; -15,00) [m] , rayon 3,00 [m] , orientation négatif , angle aigu

Raffinement des points

Num.	Emplacement	Rayon r [m]	Long. l [m]
1	Point libre n° 3	10,00	0,60



Générer le maillage

Paramètres de génération du maillage

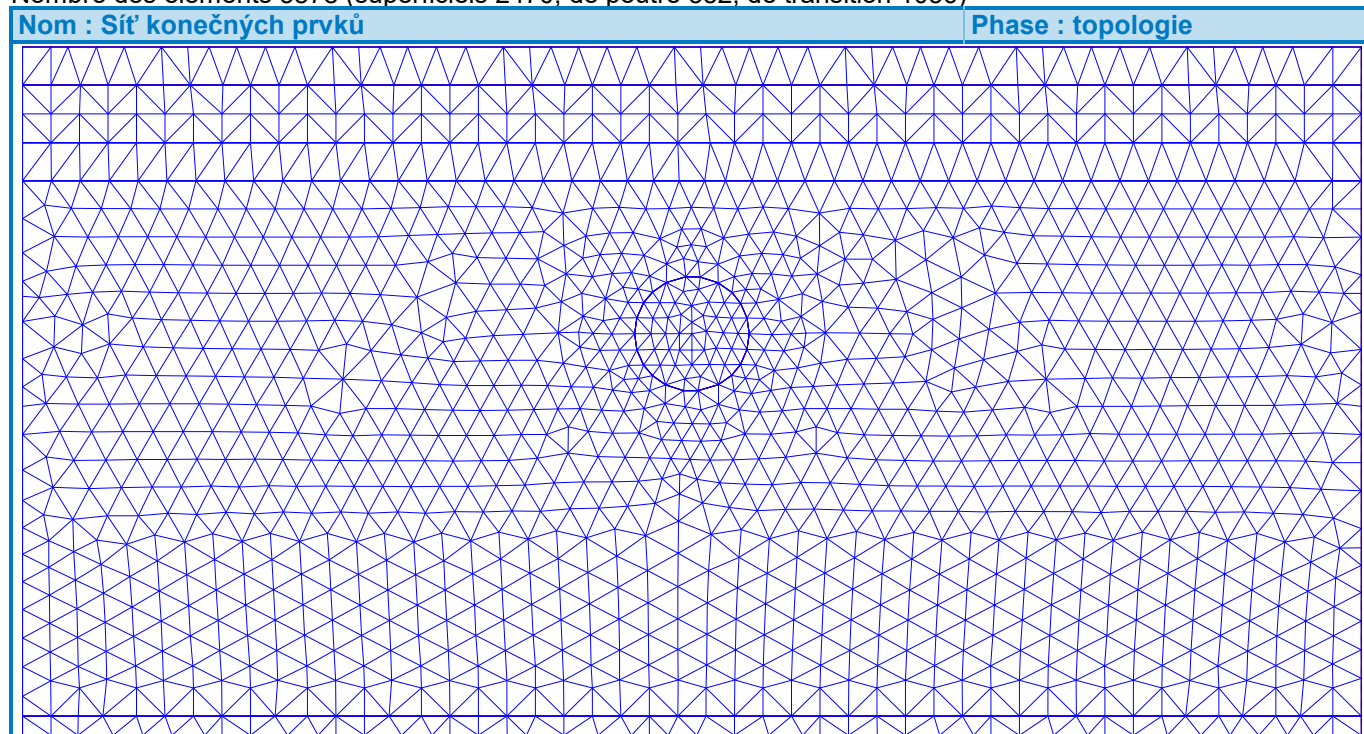
Long. bord d'élém. : 1,50 [m]
Lisser le maillage : oui
Générer les éléments à plusieurs nœuds : non

Résultat de la génération du maillage

Le maillage des éléments finis a été généré avec succès.

Nombre des nœuds 2045

Nombre des éléments 3878 (superficiels 2470, de poutre 352, de transition 1056)





Données d'entrée (Phase de construction 1)

Assignation et activation

Num.	Domaine	Actif / inactif	Sol assigné
1		Actif	Soil no.1
2		Actif	Soil no.2
3		Actif	Soil no.3
4		Actif	Soil no.4
5		Actif	Soil no.4
6		Actif	Soil no.5

Paramètres du calcul

Etat de contraintes

Méthode :

Modification de la matrice de rigidité :

Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul :

Pas de calcul initial :

Marge d'erreur du glissement :

Marge d'erreur des forces en déséquilibre :

Marge d'erreur de l'énergie :

Newton-Raphson

après chaque itération

100

0,25

0,0100

0,0100

0,0100



Respecter l'interface matérielle : oui

Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité : 0,00100

Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique : 20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul : 2

Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul : 2

Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul : 1

Line search

Méthode de résolution : ne pas itérer

Line search limit - minimum : 0,100

Line search limit - maximum : 1,000

Résultats (Phase de construction 1)

Le calcul de l'état de contraintes a été réussi.

Paramètres du calcul : **utilisateur**

Ko procédure.

Charge atteinte = 100,00 %

Extrêmes

Contrainte (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Contrainte totale $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	-32,61	0,00	0,00	-33,51	-36,00	781,00
Contrainte effective $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	-32,61	0,00	0,00	-33,51	-36,00	781,00
Contrainte totale $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46
Contrainte effective $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46
Contrainte de cisaillement τ_{xz} [kPa]	-35,00	-2,00	0,00	-35,00	-2,00	0,00
Contrainte moyenne totale $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	-31,13	0,00	0,00	-35,00	-35,00	439,64
Contrainte moyenne effective $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	-31,13	0,00	0,00	-35,00	-35,00	439,64
Contrainte déviatorique équivalente J [kPa]	-25,24	0,00	0,00	-33,51	-36,00	306,62
Déformation principale totale $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46
Déformation principale effective $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46
Déformation principale totale $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	-32,61	0,00	0,00	-33,51	-36,00	781,00
Déformation principale effective $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	-32,61	0,00	0,00	-33,51	-36,00	781,00
Déformation principale totale $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46
Déformation principale effective $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-35,00	-35,00	280,46

Taux de mobilisation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	35,00	-35,00	60,76
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	35,00	-35,00	60,76



Données d'entrée (Phase de construction 2)

Assignment et activation

Num.	Domaine	Actif / inactif	Sol assigné
1		Actif	Soil no.1
2		Actif	Soil no.2
3		Actif	Soil no.3
4		Actif	Soil no.4
5		Actif	Soil no.4
6		Actif	Soil no.5

Surcharge

Num.	Surcharge		Type	Placemen / Point 1 z [m] / x ₁ [m]	Origine / Point 1 x [m] / z ₁ [m]	Longueur / Point 2 l [m] / x ₂ [m]	Largeur / Point 2 b [m] / z ₂ [m]	Inclin. α [°]	Intensité		
	nouv.	modif.							q, q ₁ , f, F	q ₂	unité
1	Oui		bande	sur la surface	x = -35,00	l = 70,00		0,00	25,00		kN/m ²



Paramètres du calcul

Etat de contraintes

Méthode :	Newton-Raphson
Modification de la matrice de rigidité :	après chaque itération
Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul :	100
Pas de calcul initial :	0,25
Marge d'erreur du glissement :	0,0100
Marge d'erreur des forces en déséquilibre :	0,0100
Marge d'erreur de l'énergie :	0,0100
Respecter l'interface matérielle :	oui

Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité :	0,00100
Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique :	20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul :	2
Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul :	2
Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul :	1

Line search

Méthode de résolution :	ne pas itérer
Line search limit - minimum :	0,100
Line search limit - maximum :	1,000

Résultats (Phase de construction 2)

Le calcul de l'état de contraintes a été réussi.

Paramètres du calcul : **utilisateur**

Charge atteinte = 100,00 %

Extrêmes

Déformation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Déformation x [mm]	0,00	0,00	0,0	-35,00	-2,00	0,0
Déformation z [mm]	-35,00	-2,00	0,0	-33,51	0,00	10,1

Contrainte (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Contrainte totale σ_z , tot [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-33,51	-36,00	806,00
Contrainte effective σ_z , eff [kPa]	-33,51	0,00	0,00	-33,51	-36,00	806,00
Contrainte totale σ_x , tot [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35
Contrainte effective σ_x , eff [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35
Contrainte de cisaillement τ_{xz} [kPa]	-35,00	-2,00	0,00	-35,00	-2,00	0,00
Contrainte moyenne totale σ_m , tot [kPa]	-33,51	0,00	13,89	-35,00	-35,00	453,24
Contrainte moyenne effective σ_m , eff [kPa]	-33,51	0,00	13,89	-35,00	-35,00	453,24
Contrainte déviatorique équivalente J [kPa]	-33,51	0,00	9,62	-33,51	-36,00	317,22
Déformation principale totale σ_1 , tot [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35
Déformation principale effective σ_1 , eff [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35
Déformation principale totale σ_2 , tot [kPa]	-33,51	0,00	25,00	-33,51	-36,00	806,00
Déformation principale effective σ_2 , eff [kPa]	-33,51	0,00	25,00	-33,51	-36,00	806,00
Déformation principale totale σ_3 , tot [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35
Déformation principale effective σ_3 , eff [kPa]	-33,51	0,00	8,33	-35,00	-35,00	288,35



Taux de mobilisation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	-31,97	-2,00	70,92
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	-31,97	-2,00	70,92



Données d'entrée (Phase de construction 3)

Assignation et activation

Num.	Domaine	Actif / inactif	Sol assigné
1		Actif	Soil no.1
2		Actif	Soil no.2
3		Actif	Soil no.3
4		Actif	Soil no.4
5		Excavation	Excavation n° 1 (Exkavace 3 - 1)
			Application du sol restante: 55,0 %
6		Actif	Soil no.5

Surcharge

Num.	Surcharge		Type	Placemen / Point 1 z [m] / x ₁ [m]	Origine / Point 1 x [m] / z ₁ [m]	Longueur / Point 2 l [m] / x ₂ [m]	Largeur / Point 2 b [m] / z ₂ [m]	Inclin. α [°]	Intensité		
	nouv.	modif.							q, q ₁ , f, F	q ₂	unité
1	Non	Non	bande	sur la surface	x = -35,00	l = 70,00		0,00	25,00		kN/m ²



Paramètres du calcul

Etat de contraintes

Méthode :	Newton-Raphson
Modification de la matrice de rigidité :	après chaque itération
Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul :	100
Pas de calcul initial :	0,25
Marge d'erreur du glissement :	0,0100
Marge d'erreur des forces en déséquilibre :	0,0100
Marge d'erreur de l'énergie :	0,0100
Respecter l'interface matérielle :	oui

Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité :	0,00100
Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique :	20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul :	2
Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul :	2
Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul :	1

Line search

Méthode de résolution :	ne pas itérer
Line search limit - minimum :	0,100
Line search limit - maximum :	1,000

Résultats (Phase de construction 3)

Le calcul de l'état de contraintes a été réussi.

Paramètres du calcul : **utilisateur**

Charge atteinte = 100,00 %

Extrêmes

Déformation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Déformation x [mm]	0,00	0,00	-1,3	8,01	0,00	1,3
Déformation z [mm]	8,01	0,00	0,0	-0,92	0,00	13,1

Contrainte (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Contrainte totale σ_z , tot [kPa]	1,57	0,00	0,00	21,60	-36,00	807,13
Contrainte effective σ_z , eff [kPa]	1,57	0,00	0,00	21,60	-36,00	807,13
Contrainte totale σ_x , tot [kPa]	-14,86	0,00	4,63	-23,09	-35,00	288,69
Contrainte effective σ_x , eff [kPa]	-14,86	0,00	4,63	-23,09	-35,00	288,69
Contrainte de cisaillement τ_{xz} [kPa]	2,54	-13,41	-78,92	-2,52	-13,38	77,88
Contrainte moyenne totale σ_m , tot [kPa]	-14,86	0,00	12,34	-23,09	-35,00	453,90
Contrainte moyenne effective σ_m , eff [kPa]	-14,86	0,00	12,34	-23,09	-35,00	453,90
Contrainte déviatorique équivalente J [kPa]	0,45	0,00	8,05	21,60	-36,00	317,70
Déformation principale totale σ_1 , tot [kPa]	-14,86	0,00	4,63	-23,09	-35,00	288,69
Déformation principale effective σ_1 , eff [kPa]	-14,86	0,00	4,63	-23,09	-35,00	288,69
Déformation principale totale σ_2 , tot [kPa]	1,57	0,00	24,79	21,60	-36,00	807,13
Déformation principale effective σ_2 , eff [kPa]	1,57	0,00	24,79	21,60	-36,00	807,13
Déformation principale totale σ_3 , tot [kPa]	-14,86	0,00	7,40	-23,09	-35,00	288,74
Déformation principale effective σ_3 , eff [kPa]	-14,86	0,00	7,40	-23,09	-35,00	288,74



Taux de mobilisation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	3,00	-15,00	84,09
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	3,00	-15,00	84,09



Données d'entrée (Phase de construction 4)

Assignation et activation

Num.	Domaine	Actif / inactif	Sol assigné
1		Actif	Soil no.1
2		Actif	Soil no.2
3		Actif	Soil no.3
4		Actif	Soil no.4
5		Excavation	Excavation n° 1 (Exkavace 3 - 1)
			Application du sol restante: 0,0 %
6		Actif	Soil no.5



Poutres

Num.	Poutres		Implacement	Installation [m]		Considéré poids propre	Section / Dégradation dans la phase actuelle [%]	Matériau / Effet actuel de la poutre [%]	Contacts	
	nouveau	modifié		Début	Fin				à gauche	à droite
1	Oui		Ligne libre n° 1	├─	├─	Oui	1,00 (b) x 0,30 (h) m	C 40/50	(n'est pas saisie)	(n'est pas saisie)
2	Oui		Ligne libre n° 2	├─	├─	Oui	1,00 (b) x 0,30 (h) m	C 40/50	(n'est pas saisie)	(n'est pas saisie)

Num.	Section		Matériau	
	I _y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	2,25E-03	3,00E-01	35000,00	14583,00
2	2,25E-03	3,00E-01	35000,00	14583,00

Surcharge

Num.	Surcharge		Type	Placemen / Point 1	Origine / Point 1	Longueur / Point 2	Largeur / Point 2	Inclin. α [°]	Intensité		
	nouv.	modif.							q, q ₁ , f, F	q ₂	unité
1	Non	Non	bande	sur la surface	x = -35,00	l = 70,00		0,00	25,00		kN/m ²

Paramètres du calcul

Etat de contraintes

Méthode :

Newton-Raphson

Modification de la matrice de rigidité :

après chaque itération

Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul :

100

Pas de calcul initial :

0,25

Marge d'erreur du glissement :

0,0100

Marge d'erreur des forces en déséquilibre :

0,0100

Marge d'erreur de l'énergie :

0,0100

Respecter l'interface matérielle :

oui

Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité :

0,00100

Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique :

20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul :

2

Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul :

2

Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul :

1

Line search

Méthode de résolution :

ne pas itérer

Line search limit - minimum :

0,100

Line search limit - maximum :

1,000

Résultats (Phase de construction 4)

Le calcul de l'état de contraintes a été réussi.

Paramètres du calcul : **utilisateur**

Charge atteinte = 100,00 %



Extrêmes

Déformation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Déformation x [mm]	0,00	0,00	-1,7	8,01	0,00	1,7
Déformation z [mm]	8,01	0,00	-0,6	-0,92	0,00	14,0

Contrainte (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Contrainte totale $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	1,57	0,00	0,00	-21,14	-36,00	807,63
Contrainte effective $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	1,57	0,00	0,00	-21,14	-36,00	807,63
Contrainte totale $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Contrainte effective $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Contrainte de cisaillement τ_{xz} [kPa]	-2,21	-17,98	-88,00	2,21	-17,99	88,79
Contrainte moyenne totale $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	-14,86	0,00	11,72	-23,09	-35,00	454,17
Contrainte moyenne effective $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	-14,86	0,00	11,72	-23,09	-35,00	454,17
Contrainte déviatorique équivalente J [kPa]	0,45	0,00	7,62	21,60	-36,00	317,91
Déformation principale totale $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Déformation principale effective $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Déformation principale totale $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	1,57	0,00	24,70	-21,14	-36,00	807,63
Déformation principale effective $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	1,57	0,00	24,70	-21,14	-36,00	807,63
Déformation principale totale $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	-14,86	0,00	7,03	-23,09	-35,00	288,90
Déformation principale effective $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	-14,86	0,00	7,03	-23,09	-35,00	288,90

Taux de mobilisation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	13,44	0,00	91,57
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	13,44	0,00	91,57

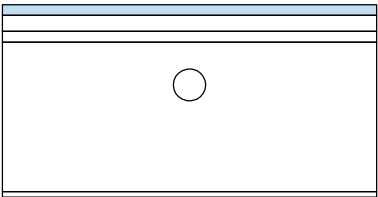
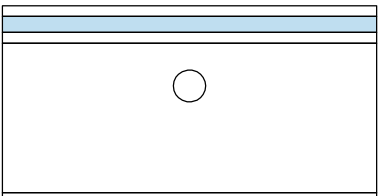
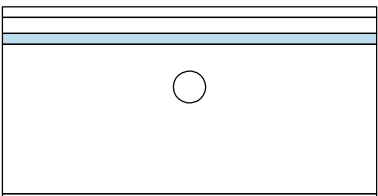
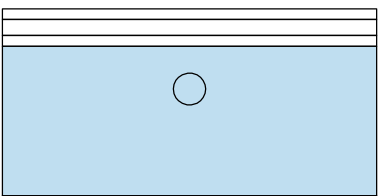
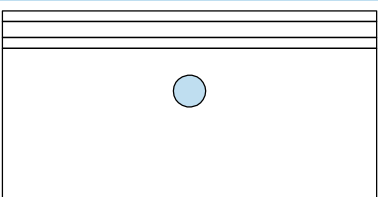
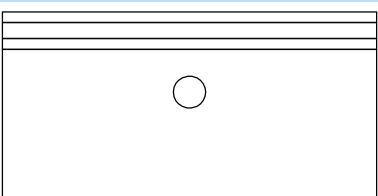
Diagrammes des valeurs appliquées aux poutres (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
N [kN/m]	3,00	-15,00	-486,4	-0,31	-12,02	-183,8
M [kNm/m]	-3,00	-15,00	-46,7	-3,00	-15,00	46,7
Q [kN/m]	-2,52	-16,63	-34,3	2,54	-16,60	34,2



Données d'entrée (Phase de construction 5)

Assignation et activation

Num.	Domaine	Actif / inactif	Sol assigné
1		Actif	Soil no.1
			
2		Actif	Soil no.2
			
3		Actif	Soil no.3
			
4		Actif	Soil no.4
			
5		Inactif	
6		Actif	Soil no.5
			



Poutres

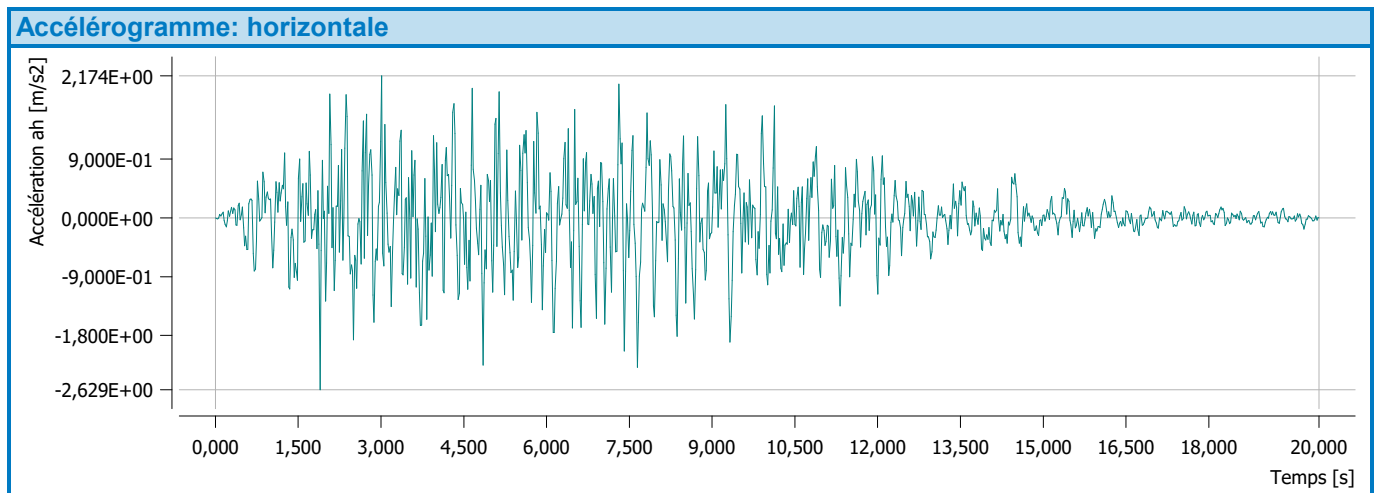
Num.	Poutres		Emplacement	Installation [m]		Considéré poids propre	Section /	Matériau /	Contacts	
	nouveau	modifié		Dégradation dans la phase actuelle [%]	Effet actuel de la poutre [%]		à gauche	à droite		
1	Non	Non	Ligne libre n° 1	├─	├─	Oui	sans modificatio	sans modificatio	(n'est pas saisie)	(n'est pas saisie)
2	Non	Non	Ligne libre n° 2	├─	├─	Oui	sans modificatio	sans modificatio	(n'est pas saisie)	(n'est pas saisie)

Num.	Section		Matériau	
	I_y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	2,25E-03	3,00E-01	35000,00	14583,00
2	2,25E-03	3,00E-01	35000,00	14583,00

Surcharge

Num.	Surcharge		Type	Placemen / Point 1	Origine / Point 1	Longueur / Point 2	Largeur / Point 2	Inclin. α [°]	Intensité		
	nouv.	modif.							q, q_1, f, F	q_2	unité
1	Non	Non	bande	sur la surface	x = -35,00	l = 70,00		0,00	25,00		kN/m ²

Séisme



Paramètres du calcul

Etat de contraintes

Méthode :

Newton-Raphson

Modification de la matrice de rigidité :

après chaque itération

Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul :

100

Pas de calcul initial :

0,25

Marge d'erreur du glissement :

0,0100

Marge d'erreur des forces en déséquilibre :

0,0100

Marge d'erreur de l'énergie :

0,0100

Respecter l'interface matérielle :

oui



Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité : 0,00100
Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique : 20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul : 2
Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul : 2
Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul : 1

Line search

Méthode de résolution : ne pas itérer
Line search limit - minimum : 0,100
Line search limit - maximum : 1,000

Séisme

Méthode : Newton-Raphson
Modification de la matrice de rigidité : après chaque itération
Nombre maximum d'itérations pour une étape de calcul : 100
Pas de temps initial : 0,05000 [s]
Marge d'erreur du glissement : 0,0100
Marge d'erreur des forces en déséquilibre : 0,0100
Marge d'erreur de l'énergie : 0,0100
Respecter l'interface matérielle : oui

Plasticité

Marge d'erreur du retour sur la surface de plasticité : 0,00100
Nombre maximal d'itérations pour un pas plastique : 20

Newton-Raphson

Coefficient de relaxation de l'étape de calcul : 2
Nombre maximale de relaxations de l'étape de calcul : 2
Nombre minimal d'itérations pour une étape de calcul : 1

Line search

Méthode de résolution : ne pas itérer
Line search limit - minimum : 0,100
Line search limit - maximum : 1,000

Méthode d'intégration temporelle

Méthode : Newmark
Paramètre d'intégration de la vitesse : $\gamma = 0,50$
Paramètre d'intégration du déplacement : $\beta = 0,25$

Modes propres

Méthode : Jacobi
Nombre requis de modes propres : 6
Nombre max. d'itérations de la méthode d'itération sur le sous-espace : 100
Marge d'erreur de la méthode d'itération sur le sous-espace : 1,000E-05
Nombre max. de rotation de la méthode de Jacobi : 100
Prise en charge d'une limite verticale pour les fréquences propres : libre

Résultats (Phase de construction 5)

Le calcul de l'état de contraintes a été réussi.

Paramètres du calcul : **utilisateur**

Charge atteinte = 100,00 %

Le calcul des modes propres s'est terminé normalement.

12 modes propres trouvés sur les 6 requis.

Le calcul "Free field" s'est terminé normalement.

Le calcul des contraintes sismiques s'est terminé normalement.

Modes propres

Nombre requis de modes propres : 6
Nombre de modes propres trouvés : 12



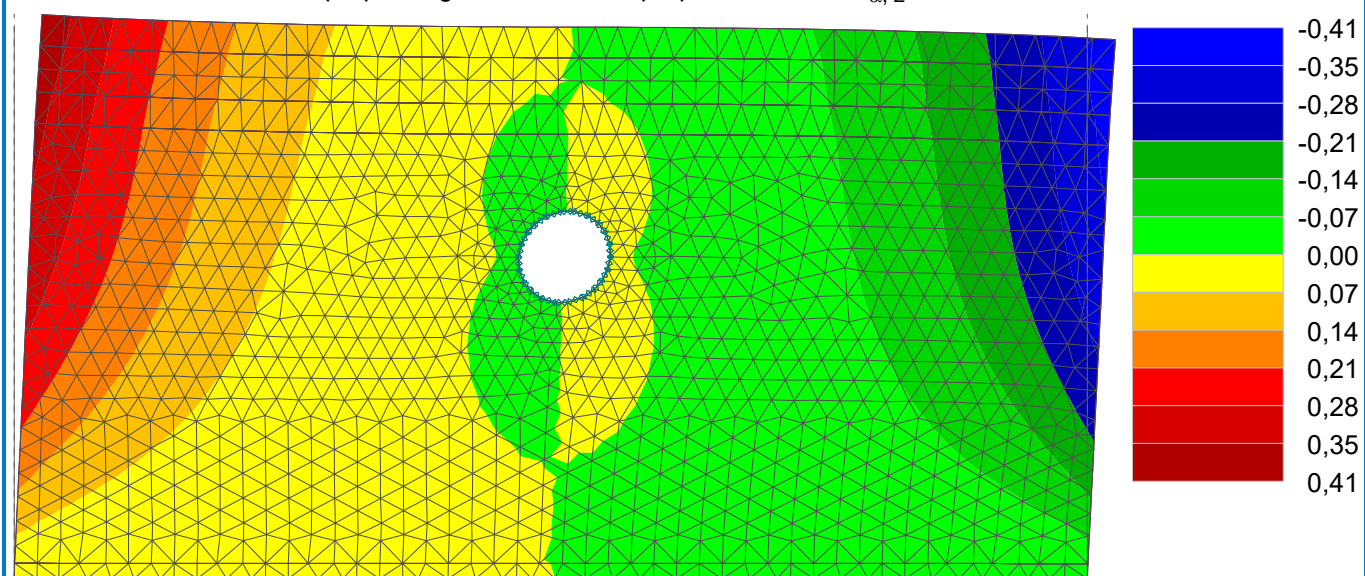
Masse totale : $m = 5560,14 \text{ t}$
Masse effective modale totale x : $m_x = 4745,79 \text{ t}$
Masse effective modale totale z : $m_z = 4329,29 \text{ t}$

Mode propre α	Fréquence angulaire propre $\omega_\alpha \text{ [rad/s]}$	Fréquences propres $f_\alpha \text{ [Hz]}$	Facteur de participation modal x $\Gamma_{\alpha, x} \text{ [t}^{0.5}\text{]}$	Facteur de participation modal z $\Gamma_{\alpha, z} \text{ [t}^{0.5}\text{]}$	Masse effective modale x $m_{\alpha, x} \text{ [t]}$	Masse effective modale z $m_{\alpha, z} \text{ [t]}$
1	14,83	93,20	61,22	0,01	3747,44	0,00
2	24,00	150,81	0,01	20,00	0,00	399,85
3	29,91	187,93	0,02	59,13	0,00	3496,31
4	30,86	193,89	23,21	0,05	538,87	0,00
5	34,86	219,06	13,46	0,02	181,16	0,00
6	36,85	231,56	0,01	19,24	0,00	370,27
7	44,17	277,50	0,01	6,36	0,00	40,42
8	47,81	300,42	13,98	0,00	195,56	0,00
9	50,62	318,07	1,80	0,01	3,22	0,00
10	57,80	363,15	0,01	4,09	0,00	16,75
11	59,10	371,36	8,92	0,00	79,53	0,00
12	60,85	382,31	0,01	2,38	0,00	5,68

Nom : Výpočet

Phase : 5

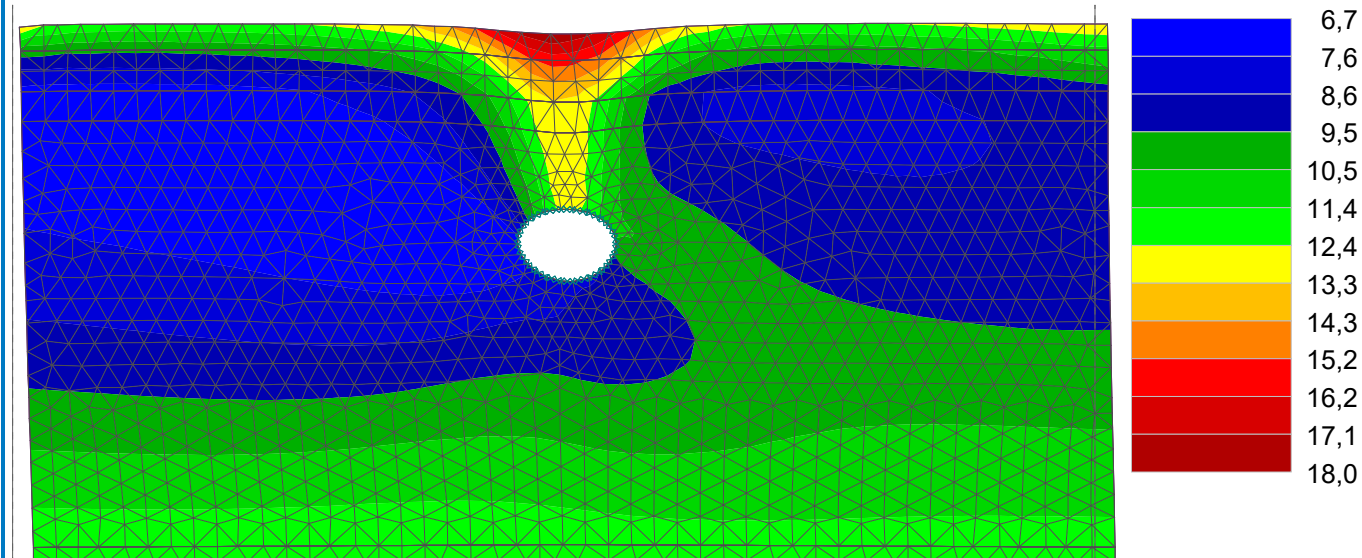
Résultats : séisme : mode propre 1; grandeur : Mode propre normalisé $d_{\alpha, z}$; limites : <-0,41; 0,41>



Nom : Výpočet

Phase : 5

Résultats : séisme : dans le temps 9,990 s; grandeur : Déplacement résultant |d|; limites : <6,7; 18,0> mm



Extrêmes

Contrainte (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Contrainte totale $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	1,57	0,00	0,00	-21,14	-36,00	807,63
Contrainte effective $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	1,57	0,00	0,00	-21,14	-36,00	807,63
Contrainte totale $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Contrainte effective $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Contrainte de cisaillement τ_{xz} [kPa]	-2,21	-17,98	-88,00	2,21	-17,99	88,79
Contrainte moyenne totale $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	-14,86	0,00	11,72	-23,09	-35,00	454,17
Contrainte moyenne effective $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	-14,86	0,00	11,72	-23,09	-35,00	454,17
Contrainte déviatorique équivalente J [kPa]	0,45	0,00	7,62	21,60	-36,00	317,91
Déformation principale totale $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Déformation principale effective $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	13,44	0,00	3,07	-23,09	-35,00	288,83
Déformation principale totale $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	1,57	0,00	24,70	-21,14	-36,00	807,63
Déformation principale effective $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	1,57	0,00	24,70	-21,14	-36,00	807,63
Déformation principale totale $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	-14,86	0,00	7,03	-23,09	-35,00	288,90
Déformation principale effective $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	-14,86	0,00	7,03	-23,09	-35,00	288,90

Taux de mobilisation (extrêmes)

	Emplacement		Min	Emplacement		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	13,44	0,00	91,57
Force mobilisée [%]	-33,51	-35,00	0,00	13,44	0,00	91,57