



VD07688.100/CMG/AKA

Lausanne, le 12 août 2020

CHUV de Cery – commune de Prilly
Collecte et évacuation des eaux claires - création d'un bassin de rétention
Note de calcul des soutènements provisoires et concept de fouille

1 Rappel du projet

1.1 Introduction

Dans le cadre de la mise en conformité du système d'évacuation des eaux du CHUV de Cery, il est prévu la réalisation d'un nouveau réseau de collecte et d'évacuation dédié aux eaux claires uniquement.

Le concept de fouille concerne uniquement le bassin pour le sous-bassin versant sud-est, situé devant le bâtiment psychiatrique.

1.2 Données d'entrée

- Plan CHUV – CERY HOPITAL – SU BASSIN DE RETENTION EC - SITUATIONS ET COUPES - OUVRAGE PROJETE - VD07688.100_41_290 – 10.08.2020 – CSD Ingénieurs SA
- Plan CHUV – CERY HOPITAL – SUD RESEAUX EVACUATION EAUX - INSTALLATIONS DE CHANTIER PHASE 02 BASSIN DE RETENTION – SUD - VD07688.100_41_912 – 03.06.2020 – CSD Ingénieurs SA
- Plan CHUV – CERY HOPITAL – SUD BASSIN DE RETENTION - ENCEINTE DE FOUILLE SITUATION ET COUPES - VD07688.100_41_291 – 10.08.2020 – CSD Ingénieurs SA
- Étude géotechnique - CHUV de Cery - collecte et évacuation des eaux claires – 24.07.2020 – CSD Ingénieurs SA

2 Description de l'ouvrage

2.1 Bassin de rétention

Le bassin à réaliser est implanté devant le bâtiment psychiatrique et à proximité du nouvel hôpital actuellement en construction. Il s'agit d'un bassin en béton armé, dont l'arase supérieure du radier est située entre 564.27 et 564.19 msm entre l'amont et l'aval hydraulique de l'ouvrage.

Les dimensions du bassin GC sont les suivantes :

- Largeur 6.5 x longueur 15.5 m
- Hauteur de l'ouvrage au niveau du tampon amont égale à 3.9m par rapport au terrain naturel ;
- Hauteur de l'ouvrage au niveau du tampon aval égale à 3.87m au niveau du piège à cailloux et par rapport au terrain naturel ;
- Couche de fondation avec 5cm de béton maigre sur 20cm de grave drainante

2.2 Excavation et soutènements

Des excavations sont nécessaires pour la construction du bassin, les emprises minimales d'excavation pour permettre la construction du bassin enterré sont les suivantes :

- Largeur 8.5m x longueur 17.5m pour assurer un espace de 1m autour des voiles définitifs du bassin ;
- Fond de fouille situé entre 4.02 et 4.15m de profondeur au maximum par rapport au terrain naturel existant. Les altitudes correspondantes sont de 563.64 msm pour l'arase inférieure de la couche de fondation, avec un approfondissement au niveau du piège à cailloux à 563.15 msm.

Plusieurs réseaux se situent à proximité du futur bassin et contraignent l'emprise des terrassements. Sur la base des conclusions du rapport géotechnique n°VD07688.100 du 24.07.2020 (CSD Ingénieurs SA), un confortement provisoire de la fouille avec des parois clouées est prévu.

Ce confortement consiste à réaliser un terrassement par passes, avec la mise en œuvre de clous passifs provisoires injectés à chaque passe. Un parement en béton projeté est réalisé dans les terrains meubles, et un treillis plaqué dans la molasse.

2.3 Réseaux

Plusieurs réseaux se situent autour du futur du bassin et génèrent des contraintes pour les soutènements, il s'agit des réseaux suivants :

- Galerie souterraine
- Nouveau réseau électrique réalisé dans le cadre du projet
- Réseau d'eau potable existant

Les autres réseaux situés à proximité (en jaune sur la figure ci-après) sont désaffectés.
Leur implantation est donnée sur la figure ci-dessous.

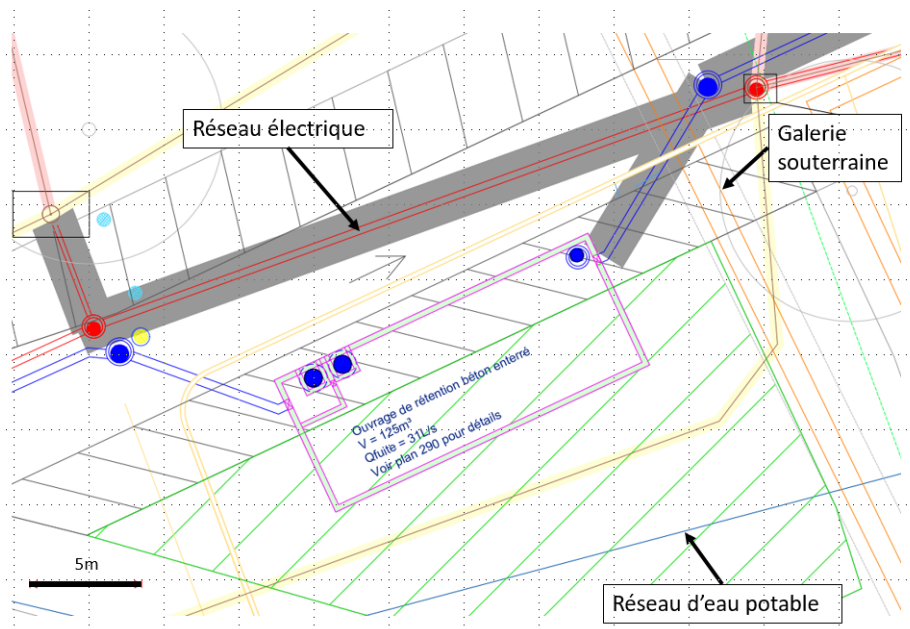


Figure 1 : Implantation des réseaux existants

3 Hypothèses de calcul

3.1 Coupe type de calcul

Deux coupes type de calcul sont retenues :

Coupe type 1 : pour la bordure du bassin parallèle à la galerie souterraine.

- Hauteur total de fouille : 4m
- Préalutage à 2V/3H sur 2m de hauteur
- Paroi clouée de 2m de hauteur,

Le préalutage est réalisé pour que les clous ne recoupent pas la galerie souterraine.

Coupe type 2 : 3 bordures restantes du bassin

- Hauteur de fouille : 4m
- Paroi clouée de 4m de hauteur, parement incliné 1H/5V

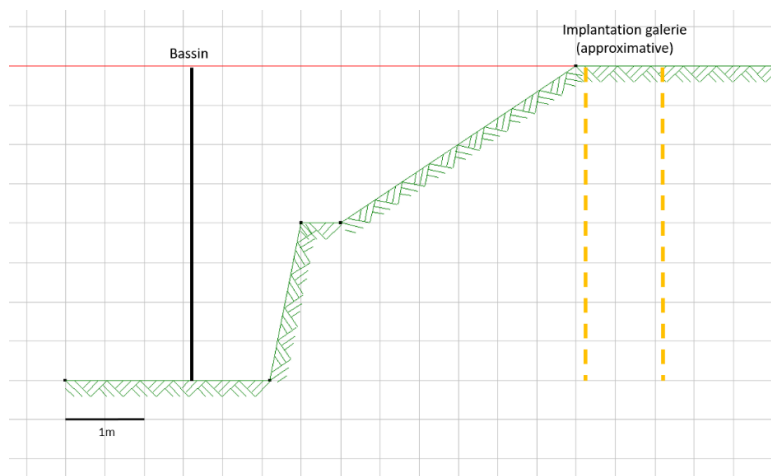


Figure 2 : coupe type 1

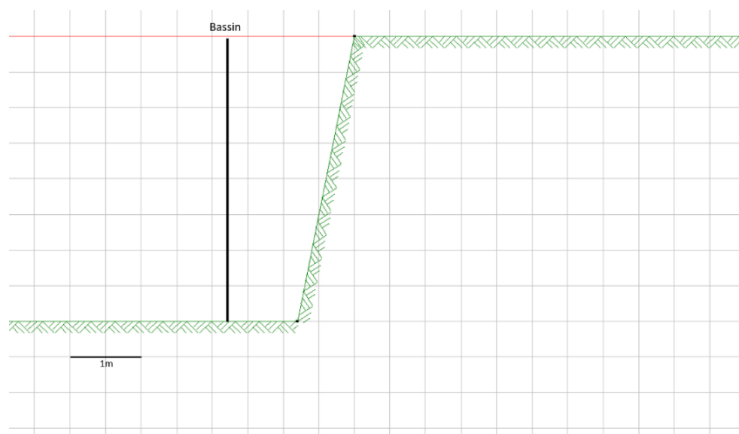


Figure 3 : coupe type 2

3.2 Coupe géologique et hypothèses géotechniques

Les hypothèses géotechniques suivantes sont retenues, sur la base de l'étude géotechnique. Il s'agit des valeurs caractéristiques de dimensionnement.

Tableau 1 : coupe géologique et hypothèses géotechniques de calcul

Terrain	Profondeur toit couche / TN	ρ_r (t/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	E (MN/m ²)	Qs (kPa)
Remblais	0	1.9	35	0	4-7	-
Marnes	-0.6	23	25	15	10-15	150
Grès	-4.8	23	30	50	20-30	

3.3 Hypothèses hydrogéologiques

Un sondage carotté de reconnaissance a été réalisé dans le cadre de l'étude géotechnique et équipé par un piézomètre. Deux relevés piézométriques ont été effectués (voir étude géotechnique), avec des niveaux d'eau compris entre 3.1 et 3.4m de profondeur par rapport au terrain naturel.

Le niveau d'eau retenu pour le concept de fouille est -3m/TN.

3.4 Charges

Dans le cadre des travaux du bassin, des engins de chantier ainsi que du matériel pourront circuler ou être stockés à proximité des parois.

Une surcharge répartie de 20kPa est prise en compte à 50cm de distance des têtes de parois clouées et des talus.

3.5 Corrosion

L'ouvrage est provisoire avec un degré de protection est égal à 0 selon la norme SIA 267 (durée d'utilisation < 5ans, risque de corrosion minime). D'après la norme, aucune disposition particulière n'est à prendre en compte.

4 Résultats

4.1 Méthodologie

Les calculs de dimensionnement sont réalisés à l'aide du logiciel DC-Clou, version 5.20 et selon la norme SIA 267_2013.

4.2 Coupe type 1

Les caractéristiques de la paroi clouée dimensionnée sont synthétisées dans le tableau ci-après. Le résultat détaillé des calculs est donné en annexe A.

Tableau 2 : Paroi clouée – coupe type 1

N° ligne clou	Limite élastique (MPa)	Diamètre de forage (mm)	Diamètre barre nominal (mm)	Longueur (m)	Inclinaison (°)	Espacement horizontal (m)	Hauteur ligne clou/tête de paroi (m)
L1	500	114	25	3	20	2	-0.5
L2	500	114	25	3	20	2	-1.5

Parement : gunité avec béton projeté de 14cm d'épaisseur dans les terrains meubles (remblais), 2 nappes de treillis K335, écart 3cm avec parement côté air et enrobage minimal 5cm côté terre.

Rocher : treillis plaqué ou béton projeté

4.3 Coupe type 2

Les caractéristiques de la paroi clouée dimensionnée sont synthétisées dans le tableau ci-après. Le résultat détaillé des calculs est donné en annexe B.

N° ligne clou	Limite élastique (MPa)	Diamètre de forage (mm)	Diamètre barre nominal (mm)	Longueur (m)	Inclinaison (°)	Espacement horizontal (m)	Hauteur ligne clou/tête de paroi (m)
L1	500	114	25	5	20	2	-0.75
L2	500	114	25	5	20	2	-2.0
L3	500	114	25	5	20	2	-3.5

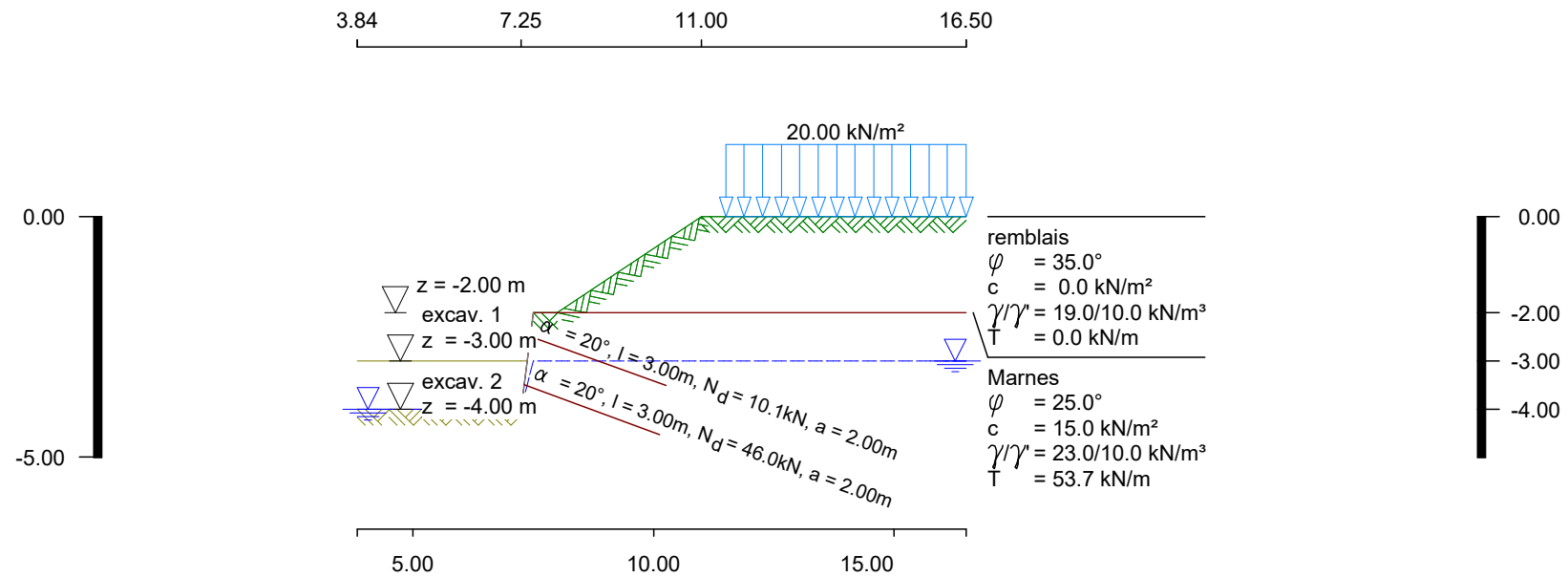
Parement : BP projeté 14cm d'épaisseur dans les terrains meubles (remblais), 2 nappes K335, écart 3cm avec parement côté air et enrobage minimal 5cm côté terre.

Rocher : treillis plaqué ou béton projeté

4.4 Concept de fouille

Le concept de fouille est donné en Annexe C.

Annexe A : résultats DC-clou coupe type n°1



Fichier entrée: DCClou_coupe 2 prétalutage.dbn

Système couche avec 2 couches

Paramètres couche (caractéristique)

φ	Angle frottement phi
δ	Angle frottement paroi
c	Cohésion
c_u	Cohésion (undrained)
γ	Poids spéc. GW
γ_w	poids spéc. immergé GW
δ_{SW}	Angle frottement paroi sur paroi subst. define aux points terminaux des clous
T_{clou}	Adhérence mobilisée du clou dans le sol
ψ_A	Angle max. entre clou et surface de glissement à contrôler si le clou est tendu à soi-même pour l'analyse du talus
τ_{gb}	frottement latéral mobilisable dans couche
Dm_{gb}	Diamètre due corps d'ancrage ($T_{Nail} = \tau_{gb} * Dm_{gb} * \pi$)

N0.	Nom	φ [°]	δ [°]	c [kN/m²]	c_u [kN/m²]	γ [kN/m³]	γ_w [kN/m³]	δ_{EW} [kN/m]	T_{clou} [°]	ψ_A [kN/m²] [mm]
1	remblais	35.0	0.0	0.0	.-	19.0	10.0	35.0	0.0	90.0 0 114
2	Marnes	25.0	0.0	15.0	.-	23.0	10.0	25.0	53.7	90.0 150 114

Délimitation supérieure de la 1ère couche:

X	Z
[m]	[m]
7.50	-2.00
8.00	-2.00
11.00	0.00
16.50	0.00

Délimitation inférieure de la 1. couche remblais:

X	Z
[m]	[m]
7.25	-4.00
7.50	-2.00

Niveau nappe:

X	Z
[m]	[m]
7.25	-4.00
7.50	-3.00

Charges distribuées:

x_A [m]	z_A [m]	x_E [m]	z_E [m]	p_x [kN/m²]	p_z [kN/m²]	Type	Cas charge	$\gamma_{ELT.2}$	$\gamma_{ELT.3}$	ψ
11.50	0.00	16.50	0.00	0.00	20.00	trafic	trafic	1.500	1.300	1.00

Synthèse des clous:

Num	z-Coo	Inclin.	Min-long.	Len.-scell	Horiz. dist	Largeur plaque	Limite èlast.	Précontrainte
	[m]	[°]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[N/mm²]	[kN]
1	-2.49	20.00	3.00	3.00	2.00	200	500	-
2	-3.50	20.00	3.00	3.00	2.00	200	500	-

Excavation:

Phase	Intersection paroi- fond d'excavation		Clous
	x	z	
	[m]	[m]	
1: 1	7.37	-3.00	1
2: 2	7.25	-4.00	1, 2

Facteurs de sécurité partielle gamma-

	E	W	G	Q	R,v	φ	c	R,h	a	M
ELType 2:	1.350	1.200	1.350	1.500	1.200	1.200	1.500	1.000	1.350	1.350
ELType 3:	1.000	1.000	1.000	1.300	1.000	1.200	1.500	1.000	1.350	1.350

γ -	Facteur de sécurité partielle pour...
E	Poussée de terre
W	Pression hydraulique
G	Charges permanentes
Q	Charges trafic
R,v	Butée
φ	Coeff. frottement $\tan(\varphi)$
c	Cohésion c
R,h	Résistance glissement
a	Résistance à l'extraction clous
M	Acier clou

Calcul Cas chargee trafic**Excavation No. 1 Nom: 1 Cas charge: trafic****Stabilité Interne****Vérification Stabilité (Excavation 1):**

Calcul correspondant EL Type 3 (design values per m wall)

Dernier clou au-dessus du fond d'excavation est déjà placé.

Vérification est calculée avec les longueurs de clou données.

Incl. de paroi subst. def. aux points terminaux des clous est calculée autom.

Intersection paroi - fond d'excavation x= 7.37 z= -3.00

Mécanismes avec inters. des lignes de glissement aux extrémités des clous:

ϑ_1	ϑ_2	ϑ_{12}	L_{clou}	R	Q_1	Q_{12}	Z_{Nec}	Z_{Mob}	E_d/R_d
[°]	[°]	[°]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]
-10.0	47.4	90.0	3.0	113.5	119.2	31.9	-66.6	0.3	0.40*

Mécanismes avec intersection de lignes de glissement comprise dans le clou:

-10.0	47.4	90.0	-	113.5	119.2	31.9	-66.6	0.3	0.40*
-10.0	47.8	82.5	-	103.0	116.6	38.0	-62.1	0.3	0.41*
-10.0	47.7	84.8	-	106.0	117.2	36.1	-63.2	0.3	0.41*
-10.0	47.8	82.5	-	103.0	116.6	38.0	-62.1	0.3	0.41*
-10.0	47.9	80.3	-	100.2	116.3	40.0	-61.2	0.3	0.41*
-10.0	48.0	78.0	-	97.4	116.1	42.0	-60.5	0.3	0.41*

Résultats d'un prisme simple:

ϑ	R	Q	$ZH_{\text{Nec}}=E_{\text{ah}}$	ZH_{Mob}	E_d/R_d
[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]
34.5	32.27	32.36	2.39	47.14	0.05

Mécanisme de rupture déterminant pour la phase actuelle:

ligne de glissement plate de x= 7.37 z= -3.00 à x= 10.26 z= -3.51
 $\vartheta_1 = -10.0^\circ$ $\vartheta_2 = 48.0^\circ$ $\vartheta_{12} = 78.0^\circ$ $Z_{Nec} = -60.46 [kN/m]$ $Z_{Mob} = 0.28 [kN/m]$ $E_d/R_d = 0.41^*$

*** Indication: Tous les facteurs de sécurité marqués d'une '*'
ont été calculés selon Fellenius (φ -c reduction).

Données clou (Excavation 1) (valeurs de dim.):

x-Tête	z-Tête	Incl.	Long.	a	F_{Sty}	F_{Nec}
[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
7.44	-2.49	20.0	3.00	2.00	100.3	5.1



Excavation No. 2 Nom: 2 Cas charge: trafic**Stabilité Interne****Vérification Stabilité (Excavation 2):**

Calcul correspondant EL Type 3 (design values per m wall)

Dernier clou au-dessus du fond d'excavation est déjà placé.

Vérification est calculée avec les longueurs de clou données.

Incl. de paroi subst. def. aux points terminaux des clous est calculée autom.

Intersection paroi - fond d'excavation $x = 7.25$ $z = -4.00$

Mécanismes avec inters. des lignes de glissement aux extrémités des clous:

ϑ_1 [°]	ϑ_2 [°]	ϑ_{12} [°]	L_{clou} [m]	R [kN/m]	Q_1 [kN/m]	Q_{12} [kN/m]	Z_{Nec} [kN/m]	Z_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
9.2	47.4	90.0	3.0	119.1	122.9	31.9	-29.4	40.0	0.57*
-10.3	46.5	97.1	3.0	155.1	161.1	38.6	-81.6	0.3	0.44*

Mécanismes avec intersection de lignes de glissement comprise dans le clou:

34.4	40.2	90.0	-	34.6	38.4	10.5	2.9	82.3	0.04
12.1	47.9	75.0	-	84.8	101.8	37.9	-17.0	47.7	0.57*
12.1	49.9	67.5	-	77.9	103.4	44.9	-16.4	47.7	0.58*
10.6	48.5	75.0	-	92.0	110.7	41.3	-20.3	43.9	0.58*
10.6	49.9	67.5	-	84.4	112.4	49.0	-19.6	43.9	0.58*
9.2	47.8	82.5	-	108.7	120.3	38.0	-25.8	40.0	0.58*
9.2	48.0	75.0	-	99.5	119.9	44.9	-23.6	40.0	0.59*
23.5	39.3	90.0	-	15.2	20.5	10.8	3.8	78.1	0.05
23.5	39.5	82.5	-	11.7	18.6	12.2	4.1	78.2	0.05
9.2	48.0	74.5	-	98.9	120.0	45.5	-23.5	40.0	0.59*
9.2	47.9	72.3	-	96.4	120.3	47.7	-23.1	40.0	0.59*
9.2	47.9	70.1	-	93.9	120.8	50.1	-22.9	40.0	0.59*
9.2	49.4	67.9	-	91.6	121.6	52.7	-23.0	40.0	0.59*

Résultats d'un prisme simple:

ϑ [°]	R [kN/m]	Q [kN/m]	$ZH_{\text{Nec}}=E_{\text{ah}}$ [kN/m]	ZH_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
38.3	59.67	60.26	8.55	80.87	0.11

Mécanisme de rupture déterminant pour la phase actuelle:ligne de glissement plate de $x = 7.25$ $z = -4.00$ à $x = 10.26$ $z = -3.51$ $\vartheta_1 = 9.2^\circ$ $\vartheta_2 = 49.4^\circ$ $\vartheta_{12} = 67.9^\circ$ $Z_{\text{Nec}} = -22.96$ [kN/m] $Z_{\text{Mob}} = 40.04$ [kN/m] $E_d/R_d = 0.59^*$

*** Indication: Tous les facteurs de sécurité marqués d'une '*'
ont été calculés selon Fellenius (φ -c reduction).

Paroi, Forces (valeurs de dim.)

Forces selon EL Typ 2 (valeurs de dimensionnement)

Déplacements selon EL aptitude au service

Dimensionnement selon SIA 262:2013

Epaisseur béton $h = 14.0$ [cm]Ecart armature côté air $d_{air} = 2.0$ [cm]Ecart armature côté sol $d_{sol} = 2.0$ [cm]E-Module béton $E = 27300$ [MN/m²]Rigidité flexion $EI = 6243$ [kN*m²]Béton C20/25, résistance nom. béton $f_{ck} = 20.0$ [MN/m²]Valeur-limite béton vérif. poinçonnement $\tau_{011} = 0.500$ [MN/m²]Résistance nom. armature $f_{yk} = 500.0$ [MN/m²]

Armature flexion pour calculer pourcentage

d'armature longitudinale μ pour vérif. poinçonnement $A_s \mu = \text{MAX}(a_{s1}, a_{s2})$ de calc. paroi

*** Force pouss. terre E_{ah} a été calculée par optimisation de Theta
en prenant en consideration toutes les charges cas de charge présent.

*** Poussée de terre e_{ah} a été calculée par derivation
des valeurs E_{ah} selon z.

*** Cohésion non considérée.

*** Aucune redistribution de la poussée de terre est appliquée.

*** Poussée de terre e_{ah} des to charges permanentes + trafic est appliquée à 85.00 %.

Poussée terre par m paroi (valeurs de dim.):

points paroi		épais.paroi	Dist.armat.		angle gliss.	Poussée ter.	
x	z	h	d_{air}	d_{sol}	γ	E_{ah}	e_{ah}
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[°]	[kN]	[kN/m]
7.50	-2.00	14.0	2.0	2.0	0.00	0.0	3.47
7.49	-2.10	14.0	2.0	2.0	53.94	0.1	3.47
7.48	-2.20	14.0	2.0	2.0	53.94	0.2	3.47
7.46	-2.30	14.0	2.0	2.0	53.94	0.5	3.47
7.45	-2.40	14.0	2.0	2.0	53.94	0.9	3.78
7.44	-2.49	14.0	2.0	2.0	53.94	1.3	4.58
7.44	-2.50	14.0	2.0	2.0	53.93	1.4	4.69
7.43	-2.60	14.0	2.0	2.0	53.94	2.0	5.68
7.41	-2.70	14.0	2.0	2.0	53.94	2.7	6.79
7.40	-2.80	14.0	2.0	2.0	40.25	3.6	8.99
7.39	-2.90	14.0	2.0	2.0	39.17	4.8	11.47
7.38	-3.00	14.0	2.0	2.0	39.54	6.3	13.20
7.36	-3.10	14.0	2.0	2.0	40.15	7.9	14.78
7.35	-3.20	14.0	2.0	2.0	40.72	9.8	16.29
7.34	-3.30	14.0	2.0	2.0	41.25	11.8	17.76
7.33	-3.40	14.0	2.0	2.0	41.75	14.0	19.20
7.31	-3.50	14.0	2.0	2.0	42.22	16.3	20.59
7.30	-3.60	14.0	2.0	2.0	42.66	18.8	21.98
7.29	-3.70	14.0	2.0	2.0	43.07	21.5	23.34
7.28	-3.80	14.0	2.0	2.0	43.46	24.3	24.99
7.26	-3.90	14.0	2.0	2.0	41.52	27.3	16.93
7.25	-4.00	14.0	2.0	2.0	41.73	28.3	5.07

Forces par m paroi (valeurs de dim.):

z-coo	H-Press	Déform.	Forces		Appui	Armat.flex.		cisail.
z	h	w	T	M	A _H	as _{Air}	as _{Lay}	as _{Tras}
[m]	[kN/m]	[mm]	[kN]	[kN*m]	[kN]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
-2.00	3.47	0.0	0.00	0.00	--	--	--	--
-2.10	3.47	0.0	-0.34	-0.02	--	--	--	--
-2.20	3.47	0.0	-0.69	-0.07	--	--	0.01	--
-2.30	3.47	0.0	-1.03	-0.16	--	--	0.03	--
-2.39	3.74	0.0	-1.35	-0.32	--	--	0.06	--
-2.49	4.58	0.0	0.59	-0.32	4.8	--	0.06	--
-2.49	4.58	0.0	0.59	-0.32	--	--	0.06	--
-2.59	5.56	0.0	2.54	-0.32	--	--	0.06	--
-2.60	5.67	0.0	2.48	-0.32	--	--	0.06	--
-2.70	6.79	0.0	1.86	0.12	--	0.02	--	--
-2.80	8.99	0.0	1.08	0.26	--	0.05	--	--
-2.90	11.46	0.0	0.06	0.32	--	0.06	--	--
-3.00	13.20	0.0	-1.16	0.27	--	0.05	--	--
-3.10	14.77	0.0	-2.55	0.08	--	0.02	--	--
-3.20	16.29	0.0	-4.09	-0.25	--	--	0.05	--
-3.30	17.76	0.0	-5.78	-0.75	--	--	0.14	--
-3.40	19.19	0.0	-7.60	-1.41	--	--	0.26	--
-3.50	20.59	0.0	0.12	-1.40	19.4	--	0.26	--
-3.50	20.59	0.0	0.12	-1.40	--	--	0.26	--
-3.60	21.97	0.0	7.84	-1.38	--	--	0.25	--
-3.60	21.98	0.0	7.82	-1.37	--	--	0.25	--
-3.70	23.34	0.0	5.57	-0.69	--	--	0.13	--
-3.80	24.99	0.0	3.17	-0.25	--	--	0.05	--
-3.80	24.98	0.0	3.17	-0.25	--	--	0.05	--
-3.90	16.93	0.0	1.09	-0.05	--	--	0.01	--
-3.90	16.91	0.0	1.09	-0.05	--	--	0.01	--
-4.00	5.09	0.0	0.00	0.00	--	--	--	--

*** Remarque: Pour les clous, l'effort tranchant T et le moment M sur le point d'appui sont calculés selon l'interpolation linéaire de T et M aux bords de la plaque de tête

Données clou (Excavation 2) (valeurs de dim.):

x-Tête	z-Tête	Incl.	Long.	a	f _{yk}	γ _M	F _{Sty}	F _{Nec}	F _{Dim}	Dm _{Nec}
[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[MN/m ²]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]
7.44	-2.49	20.0	3.00	2.00	500	1.350	70.8	7.3	10.1	5.9
7.31	-3.50	20.0	3.00	2.00	500	1.350	102.8	10.9	41.2	11.9

Vérification Poinçonnement SIA 262:2013

τ _{cd}	= 0.90 N/mm ² : Contrainte de dimens. pour cisaillement (béton)
f _{sd}	= 435 N/mm ² : Valeur de dimens. de limite d'élasticité (acier d'armature)
D _{max}	= 8 mm: diamètre de granulat pour éqn. 37 (chap. 4.3.3.2.1)
k _d	= 0.9: Diminution de la circonférence pour la section de vérification aux colonnes intérieures (chap. 4.3.6.2.5)
F _d	Valeur de dimens. pour la force de poinçonnement selon SIA 267, 11.5.2.1 $F_d = 1.1 * R_{i,k} = 1.1 * (Dm_{Nec}/2)^2 * \pi * f_{yk}$
H-Press	Poussée de terre sur la plaque de tête
B	Largeur plaque de tête
As	Armature longitudinale/transversale près de la plaque en cm ² /m mur (As = As _x = As _z)
d _v	Hauteur statique de paroi
V _d	Valeur de dimensionnement de l'effort tranchant
V _{Rd,c}	Valeur de dimensionnement de la résistance au poinçonnement (Calcul de ψ (éqn. 59) selon 'Niveau d'approximation 2' (chap. 4.3.6.4.2))
As _{NecS}	Armature de cisaillement néc.
Dm _{sw}	= 8 mm: Diamètre d'armature de cisaillement pour éqn. 68 en chap. 4.3.6.5.4
As _{NecB}	Armature longitudinale/transversale totale nécessaire

z-Tête [m]	F _d [kN]	H-Press [kN/m ²]	B [cm]	As [cm ² /m]	d _v [cm]	V _d [kN]		V _{Rd,c} [kN]	As _{NecS} [cm ²]	As _{NecB} [cm ² /m]	ρ _{NecB} [%]
-2.49	14.7	4.58	20.0	0.06	12.0	13.9	<	15.7	-	0.06	0.005
-3.50	66.7	20.59	20.0	0.26	12.0	62.9	<	81.0	-	1.01	0.084

Stabilité Externe

Calcul résistance poinçonnement EL Type 2

Bord inf. fondation subst.: $x_1=7.25$ $z_1=-4.00$ $x_2=10.19$ $z_2=-4.00$

Paroi substitutif: (x_2, z_2) to $x_3=10.19$ $z_3=-0.54$

charges:

Vertical	V _c / V _d	=	137.22 /	190.55 kN/m
Horizontal	H _c / H _d	=	-26.59 /	-46.63 kN/m
Moment	My _c / My _d	=	0.00 /	0.00 kNm/m

*** Indication: My est mis à zéro, car le bloc cloué se trouve sur la surface dans la direction du basculement.

Profondeur t	=	0.00 m
Largeur b'	=	2.94 m
Incl. de la force résultante $\tan(\delta_s)=H/V$	=	0.24
Détermine les paramètres de sol		
γ au-dessus de la semelle	=	0.00 kN/m ³
γ au-dessus de la semelle	=	10.00 kN/m ³
Angle de frottement φ	=	25.00 °
Cohésion c	=	15.00 kN/m ²
Coeff. poinçonnement N_c, N_q, N_γ	=	16.06 7.24 4.36
Coeff. d'inclinaison i_c, i_q, i_γ	=	0.57 0.63 0.52
Coeff. talus $\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$	=	1.00 1.00 1.00
Coeff. d'inclinaison de semelle ξ_c, ξ_q, ξ_γ	=	1.00 1.00 1.00
Largeur du mécanisme de rupture	=	8.12 m
Profondeur du mécanisme de rupture	=	2.14 m

Valeur de calcul de l'action poinçonnement $N_d = 190.5$ kN

Valeur de calcul de la résistance au poinçonnement $R_d = 308.1$ kN

$N_d/R_d = 0.62 < 1.0$: vérification satisfaite.

*** Remark:

Vérification contre glissement est calculé implicitement par les mécanismes à deux blocs.

Il n'y aura pas de vérification séparée.

Vérification stabilité talus Cas charge trafic EL Typ 3

Charges horizontales de trafic sont seulement prises en considération si elles créent un moment défavorable.

Charges verticales de trafic sont seulement prises en considération si elles créent un moment défavorable.

(en dehors de $R^* \sin(\varphi)$)

Centre = (7.66, 3.02), Rayon = 7.04

Point de départ = (7.25, -4.00), point de fin = (14.01, 0.00)

Point fixe = (7.25, -4.00)

Géométrie de tranche:

No	x	Largeur b	dxM	Poids G	Surcharge P	hydr.- surch. W	u	φ	c	ϑ
	[m]	[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	[kN/m ²]	[°]
1	7.59	0.68	-0.07	25.5	0.0	0.0	-3.4	21.24	10.00	-0.57
2	8.26	0.68	0.61	33.2	0.0	0.0	-6.6	21.24	10.00	4.94
3	8.94	0.68	1.28	37.5	0.0	0.0	-6.0	21.24	10.00	10.50
4	9.62	0.68	1.96	40.8	0.0	0.0	-4.9	21.24	10.00	16.16
5	10.29	0.68	2.63	43.0	0.0	0.0	-3.3	21.24	10.00	21.99
6	10.97	0.68	3.31	43.2	0.0	0.0	-1.2	21.24	10.00	28.07
7	11.64	0.68	3.99	37.7	12.6	0.0	0.0	21.24	10.00	34.51

No	x	Largeur b	dxM	Poids G	Surcharge P	hydr.- surch. W	u	φ	c	ϑ
	[m]	[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	[kN/m²]	[°]
8	12.32	0.68	4.66	29.5	17.6	0.0	0.0	21.24	10.00	41.50
9	13.00	0.68	5.34	20.0	17.6	0.0	0.0	30.26	0.00	49.36
10	13.67	0.68	6.02	8.0	17.6	0.0	0.0	30.26	0.00	58.74

Part des charges verticales:

No.	S=G+P+W	$E_d=S*\sin \vartheta$	$(S-u*b)*\tan \varphi + c*b$	$\cos \vartheta + \mu * \tan \varphi * \sin \vartheta$	R_d
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
1	25.5	-0.25	15.36	0.997269	15.40
2	33.2	2.86	17.09	1.019463	16.76
3	37.5	6.83	19.01	1.032297	18.41
4	40.8	11.36	20.71	1.035391	20.01
5	43.0	16.09	22.17	1.028027	21.56
6	43.2	20.35	23.10	1.009024	22.90
7	50.3	28.49	26.30	0.976484	26.93
8	47.1	31.20	25.06	0.927246	27.02
9	37.6	28.53	21.94	0.957989	22.90
10	25.6	21.91	14.95	0.864318	17.30
		-----			-----
		167.35			209.20

Contribution de clous:

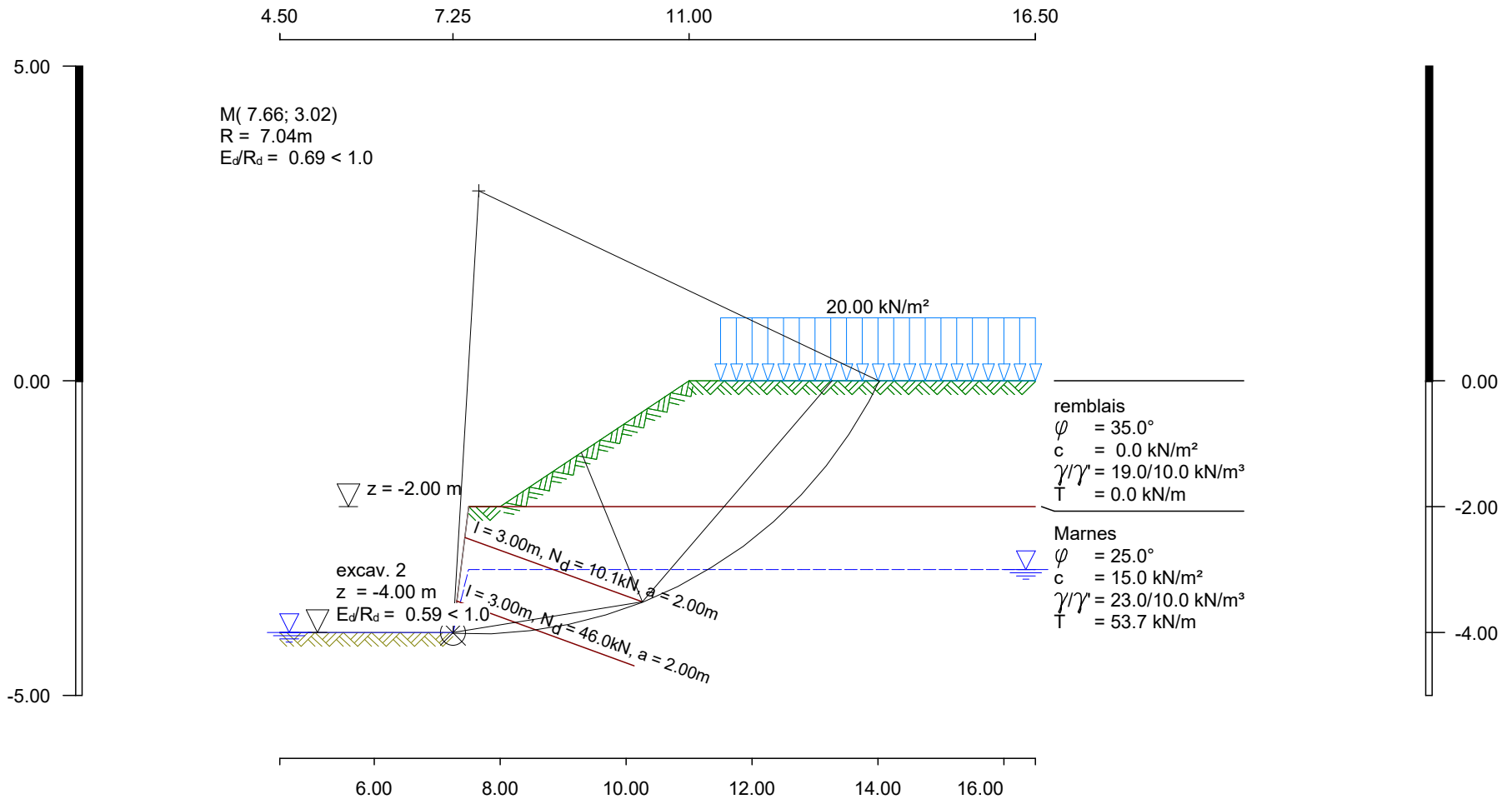
Clous non précontraints $F_A = F_{Mob}$

$$M_{retenant} = R * ((\mu * F_A * \sin \alpha * \tan \varphi) / (\cos \vartheta + \mu * \sin \vartheta * \tan \varphi) + F_A * \cos(\vartheta + \alpha))$$

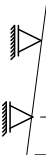
$$M_{entraînant} = 0$$

Clou	x_s	z_s	$F_{Mob,c}$	auto- contraint	$F_{Mob,d}$	$M_{retenant,d}$	$M_{entraîn.,d}$	$F_{Mob,d} * \mu$
	[m]	[m]	[kN/clou]		[kN/clou]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/clou]
1	10.26	-3.51	0.0	oui	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.56	-3.95	89.8	oui	66.5	228.7	0.0	46.0

Somme $M_{retenant,d}$: 228.7 kNm/mCharges $E_d = 167.4 * 7.0 = 1177.5$ kNm/mResistances $R_d = 209.2 * 7.0 + 228.7 = 1700.7$ kNm/m $\mu = E_d / R_d = 0.69 < 1.0$: Vérification satisfaite.

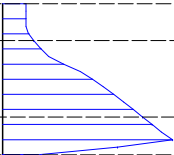


Système



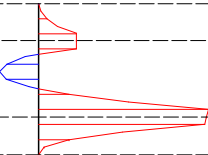
Charge

h_d

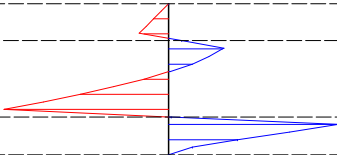


Sollicitations

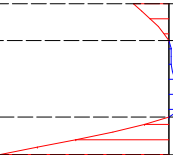
M_d



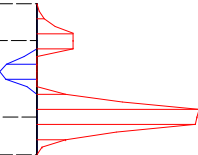
S_d



w



as1/as2



Maximum
Minimum

24.99 kN/m
3.47 kN/m

0.32 kNm
-1.41 kNm

7.84 kN
-7.60 kN

0.00 mm
-0.03 mm

0.06 cm² 0.26 cm²
0.00 cm² 0.00 cm²

Sommaire de Facteurs d'utilisation E_d / R_d de tous les étapes

Stage	Stabilité interne	Poinçonnem.	Rupture terrain
1: 1	0.41	---	---
2: 2	0.59	0.62	0.69

Résumé

Toutes les vérifications sont satisfaites.

Synthèse des forces et longueurs nécessaires déterminantes des clous:

Couche	z-Coord	Force (Dim.) N_d	Longueur	Long. scell	Diamètre nec..	Largeur plaque	Fact.corr. cisail
	[m]	[kN]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[%]
1	-2.49	10.1	3.00	3.00	5.9	200	100
2	-3.50	46.0	3.00	3.00	12.6	200	100
	$\Sigma =$	56.2					

*** Indication:

Pour le(s) clou(s) no. 2 la force maximum du clou résulte de l'analyse du talus.

Il est possible qu'un effet inférieur des clous conduit à des forces de clous plus petites.

Vous pouvez contrôler cela en variant le paramètre de clou 'Facteur p. force lim. cisail.'.

Explication de l'impression 'Vérification de stabilité':

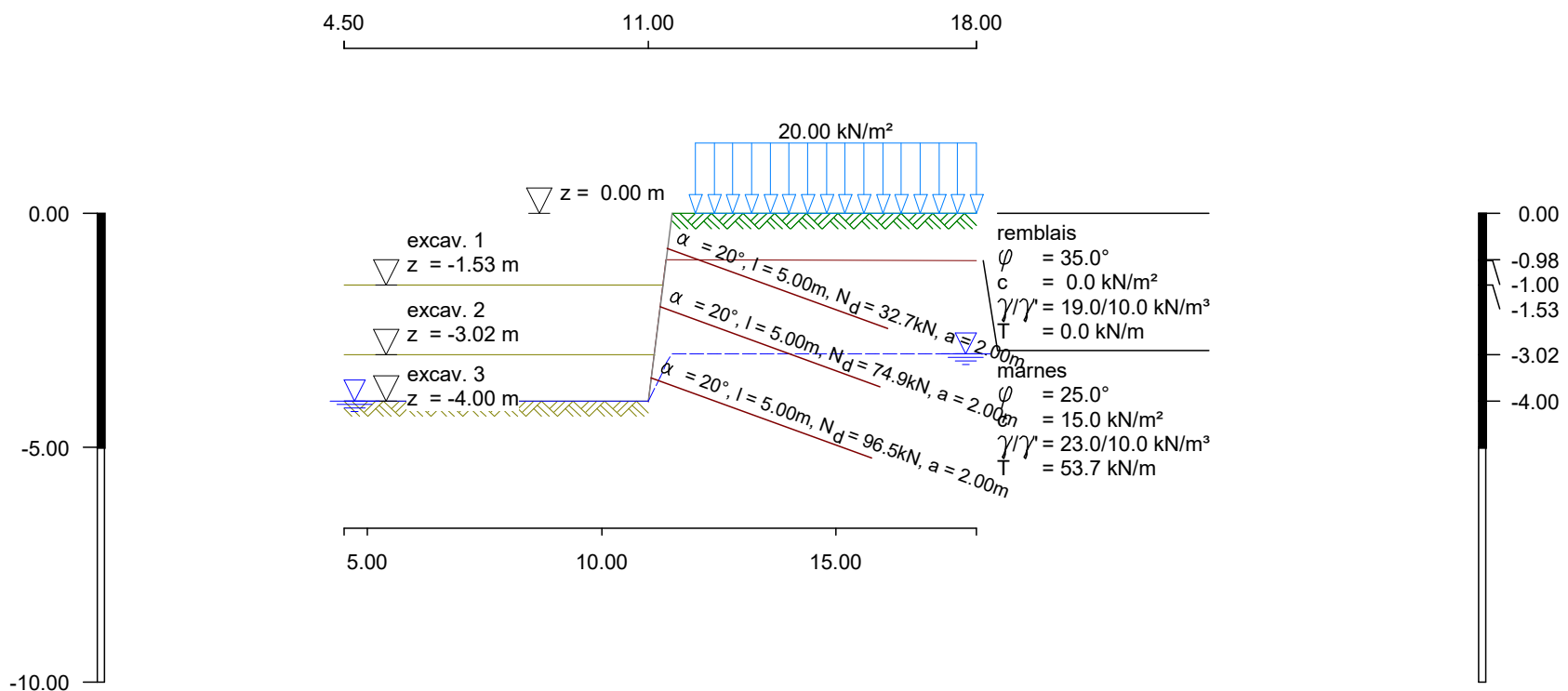
Toutes les forces [kN/m] se réfère à kN à 1 m de paroi perpend. au plan d'image.

ϑ_1	Inclinaison de la ligne de glissement plate
ϑ_2	Inclinaison de la ligne de glissement pentue
ϑ_{12}	Inclinaison de la ligne de glissement intermédiaire (paroi subst.) ($=90^\circ + \varphi$)
L_{clou}	Longueur de clou
R	Charge tot. de la figure de glissement princ. (poids propre, charges, press. hydr.)
Q_1	Force dans la ligne de glissement plate
Q_{12}	Poussée de terre act. sur la ligne de glissement intermédiaire
Z_{Nec}	Force de clou néc. résult. sur la figure de glissement princ. (tension=positiv) pour satisfaire l'équilibre des forces H/Vs
Z_{Mob}	Force de clou max. mobilisable (= somme des possibles forces d'extraction des tranches de clou derrière la ligne de glissement)
E_d/R_d	Facteur d'utilisation pour force de clou Z_{Nec} et Z_{Mob} ou selon Fellenius

Dénominations dans impression 'Données clou' :

a	Ecart horizontal des clous
f_{yk}	Résistance nominale acier clou
γ_M	Acier: sécurité limite elast.
F_{Sty}	Force max. d'extraction par clou selon calcul de stabilité interne
F_{Nec}	Force de clou requise pour reprendre Z_{Nec} du mecanisme dét. Tous les mécanismes dans cet état de construction sont considérés.
F_{Dim}	Force max. par clou selon calcul efforts intérieurs de paroi
Dm_{Nec}	Diamètre nécessaire selon la condition $As = \max(F_{Nec}, F_{Dim}) \cdot \gamma_s / f_{yk}$

Annexe B : résultats DC-clou coupe type n°2



Fichier entrée: DCClou_coupe 1.dbn

Système couche avec 2 couches

Paramètres couche (caractéristique)

φ	Angle frottement phi
δ	Angle frottement paroi
c	Cohésion
c_u	Cohésion (undrained)
γ	Poids spéc. GW
γ_w	poids spéc. immergé GW
δ_{SW}	Angle frottement paroi sur paroi subst. define aux points terminaux des clous
T_{clou}	Adhérence mobilisée du clou dans le sol
ψ_A	Angle max. entre clou et surface de glissement à contrôler si le clou est tendu à soi-même pour l'analyse du talus
τ_{gb}	frottement latéral mobilisable dans couche
Dm_{gb}	Diamètre due corps d'ancrage ($T_{Nail} = \tau_{gb} * Dm_{gb} * \pi$)

N0.	Nom	φ [°]	δ [°]	c [kN/m²]	c_u [kN/m²]	γ [kN/m³]	γ_w [kN/m³]	δ_{EW} [kN/m]	T_{clou} [°]	ψ_A [kN/m²] [mm]
1	remblais	35.0	0.0	0.0	.-	19.0	10.0	35.0	0.0	90.0 0 114
2	marnes	25.0	0.0	15.0	.-	23.0	10.0	25.0	53.7	90.0 150 114

Délimitation supérieure de la 1ère couche:

x	z
[m]	[m]
11.50	0.00
18.00	0.00

Délimitation inférieure de la 1. couche remblais:

x	z
[m]	[m]
11.00	-4.00
11.38	-0.98
18.00	-1.00

Niveau nappe:

x	z
[m]	[m]
11.00	-4.00
11.48	-3.02
11.50	-3.00

Charges distribuées:

x_A [m]	z_A [m]	x_E [m]	z_E [m]	p_x [kN/m²]	p_z [kN/m²]	Type	Cas charge	$\gamma_{ELT.2}$	$\gamma_{ELT.3}$	ψ
12.00	0.00	18.00	0.00	0.00	20.00	trafic	trafic	1.500	1.300	1.00

Synthèse des clous:

Num	z-Coo	Inclin.	Min-long.	Len.-scell	Horiz. dist	Largeur plaque	Limite èlast.	Précontrainte
	[m]	[°]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[N/mm²]	[kN]
1	-0.75	20.00	5.00	5.00	2.00	200	500	-
2	-2.00	20.00	5.00	5.00	2.00	200	500	-
3	-3.51	20.00	5.00	5.00	2.00	200	500	-

Excavation:

Phase	Intersection paroi- fond d'excavation		Clous
	x [m]	z [m]	
1: 1	11.31	-1.53	1
2: 2	11.12	-3.02	1, 2
3: 3	11.00	-4.00	1, 2, 3

Facteurs de sécurité partielle gamma-

	E	W	G	Q	R,v	φ	c	R,h	a	M
ELType 2:	1.350	1.200	1.350	1.500	1.200	1.200	1.500	1.000	1.350	1.350
ELType 3:	1.000	1.000	1.000	1.300	1.000	1.200	1.500	1.000	1.350	1.350

γ -	Facteur de sécurité partielle pour...
E	Poussée de terre
W	Pression hydraulique
G	Charges permanentes
Q	Charges trafic
R,v	Butée
φ	Coeff. frottement $\tan(\varphi)$
c	Cohésion c
R,h	Résistance glissement
a	Résistance à l'extraction clous
M	Acier clou

Calcul Cas chargee trafic chantier**Excavation No. 1 Nom: 1 Cas charge: trafic chantier****Stabilité Interne****Vérification Stabilité (Excavation 1):**

Calcul correspondant EL Type 3 (design values per m wall)

Dernier clou au-dessus du fond d'excavation est déjà placé.

Vérification est calculée avec les longueurs de clou données.

Incl. de paroi subst. def. aux points terminaux des clous est calculée autom.

Intersection paroi - fond d'excavation x= 11.31 z= -1.53

Mécanismes avec inters. des lignes de glissement aux extrémités des clous:

ϑ_1 [°]	ϑ_2 [°]	ϑ_{12} [°]	L_{clou} [m]	R [kN/m]	Q_1 [kN/m]	Q_{12} [kN/m]	Z_{Nec} [kN/m]	Z_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
-10.9	52.4	90.0	5.0	213.2	195.5	17.1	-145.3	0.3	0.06*

Mécanismes avec intersection de lignes de glissement comprise dans le clou:

28.8	54.2	90.0	-	22.4	27.1	10.1	3.6	82.6	0.04
16.3	53.3	90.0	-	43.9	44.5	10.1	-8.1	75.1	0.37*
16.3	54.7	105.0	-	55.1	53.5	9.5	-8.5	75.1	0.41*

Résultats d'un prisme simple:

ϑ [°]	R [kN/m]	Q [kN/m]	$ZH_{\text{Nec}}=E_{\text{ah}}$ [kN/m]	ZH_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
48.9	24.61	25.98	8.68	80.55	0.11

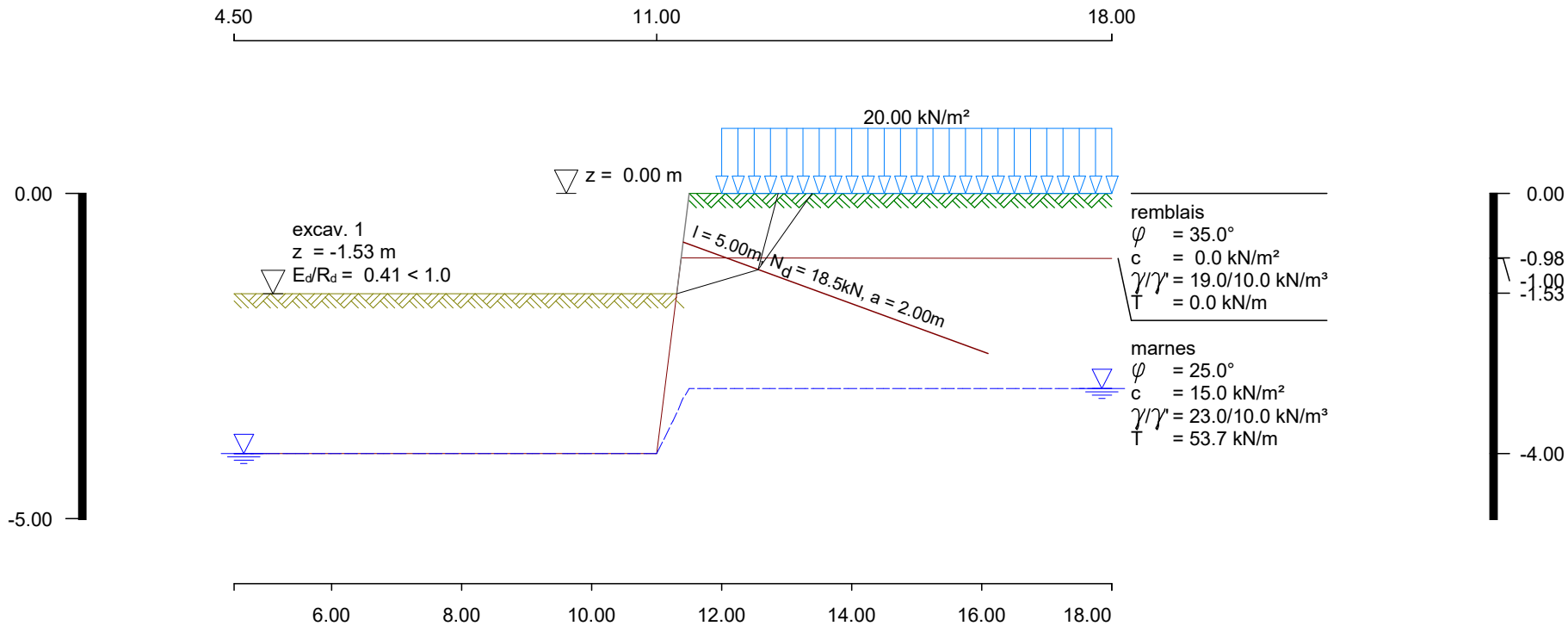
Mécanisme de rupture déterminant pour la phase actuelle:

ligne de glissement plate de x= 11.31 z= -1.53 à x= 12.56 z= -1.17
 $\vartheta_1= 16.3^\circ$ $\vartheta_2= 54.7^\circ$ $\vartheta_{12}= 105.0^\circ$ $Z_{Nec}=-8.53$ [kN/m] $Z_{Mob}=75.13$ [kN/m] $E_d/R_d= 0.41^*$

*** Indication: Tous les facteurs de sécurité marqués d'une '*'
ont été calculés selon Fellenius (φ -c reduction).

Données clou (Excavation 1) (valeurs de dim.):

x-Tête	z-Tête	Incl.	Long.	a	F_{Sty}	F_{Nec}
[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
11.41	-0.75	20.0	5.00	2.00	171.4	18.5



Excavation No. 2 Nom: 2 Cas charge: trafic chantier**Stabilité Interne****Vérification Stabilité (Excavation 2):**

Calcul correspondant EL Type 3 (design values per m wall)

Dernier clou au-dessus du fond d'excavation est déjà placé.

Vérification est calculée avec les longueurs de clou données.

Incl. de paroi subst. def. aux points terminaux des clous est calculée autom.

Intersection paroi - fond d'excavation $x = 11.12$ $z = -3.02$

Mécanismes avec inters. des lignes de glissement aux extrémités des clous:

ϑ_1 [°]	ϑ_2 [°]	ϑ_{12} [°]	L_{clou} [m]	R [kN/m]	Q_1 [kN/m]	Q_{12} [kN/m]	Z_{Nec} [kN/m]	Z_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
6.4	52.4	90.0	5.0	281.0	256.1	17.1	-106.6	55.1	0.32*
-8.2	52.9	97.1	5.0	347.8	322.8	19.5	-200.2	0.2	0.07*

Mécanismes avec intersection de lignes de glissement comprise dans le clou:

43.6	52.6	90.0	-	79.2	100.4	10.3	31.0	152.6	0.20
27.7	51.6	90.0	-	109.0	110.0	11.1	-4.9	126.0	0.45*
27.7	51.9	82.2	-	105.6	109.5	13.4	-3.8	126.0	0.45*
27.7	52.0	74.4	-	102.1	109.5	16.2	-2.9	126.0	0.46*
27.7	51.8	66.7	-	98.3	110.0	19.7	-2.2	126.0	0.47*
27.7	58.9	58.9	-	114.5	130.1	21.3	-1.7	126.0	0.49*
23.6	51.3	90.0	-	181.1	179.9	11.5	-12.7	117.1	0.49*
23.6	51.8	82.3	-	171.2	173.1	14.1	-11.6	117.1	0.49*
23.6	51.9	74.6	-	161.0	166.5	17.2	-10.8	117.1	0.49*
23.6	51.8	66.9	-	150.1	160.1	21.1	-10.2	117.1	0.49*
23.6	57.4	105.0	-	200.7	196.7	9.4	-13.1	117.1	0.51*

Résultats d'un prisme simple:

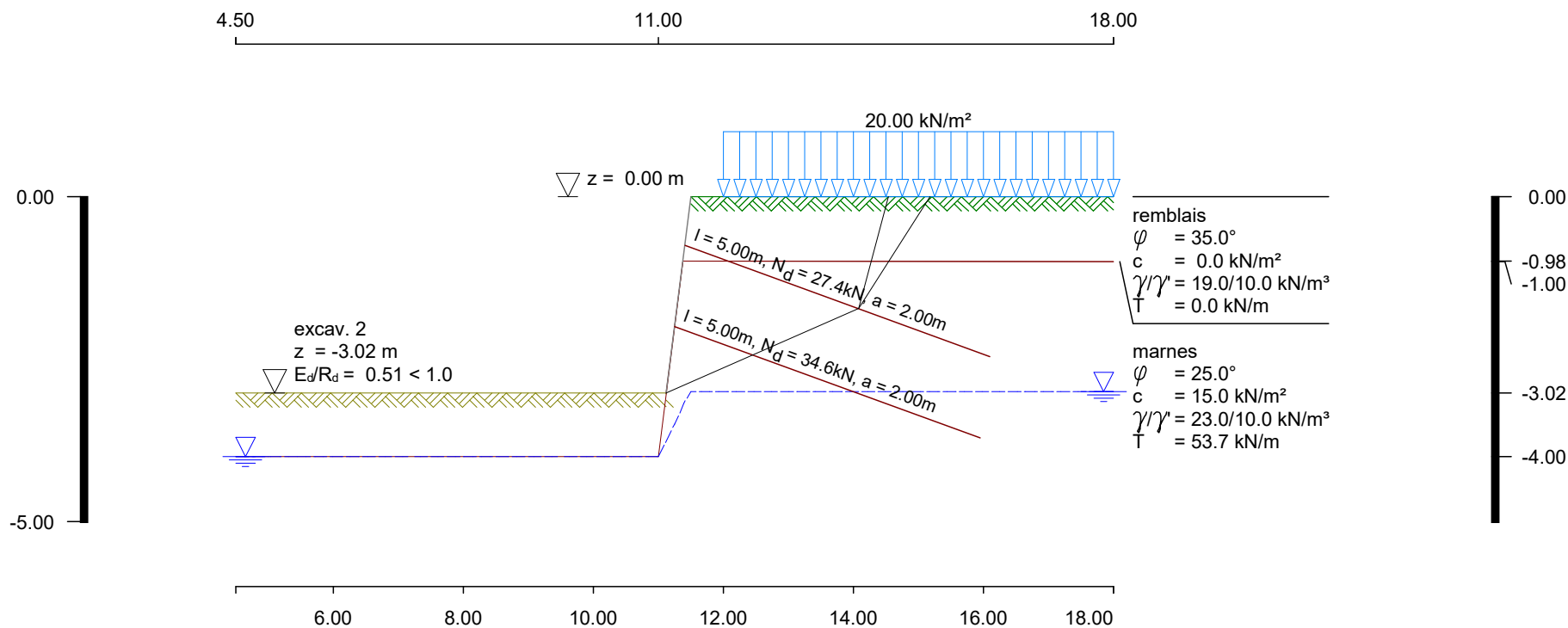
ϑ [°]	R [kN/m]	Q [kN/m]	$ZH_{\text{Nec}} = E_{\text{ah}}$ [kN/m]	ZH_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
50.3	89.31	97.32	27.99	151.66	0.18

Mécanisme de rupture déterminant pour la phase actuelle:ligne de glissement plate de $x = 11.12$ $z = -3.02$ à $x = 14.08$ $z = -1.72$ $\vartheta_1 = 23.6^\circ$ $\vartheta_2 = 57.4^\circ$ $\vartheta_{12} = 105.0^\circ$ $Z_{\text{Nec}} = -13.05$ [kN/m] $Z_{\text{Mob}} = 117.12$ [kN/m] $E_d/R_d = 0.51^*$

*** Indication: Tous les facteurs de sécurité marqués d'une '*'
ont été calculés selon Fellenius (φ -c reduction).

Données clou (Excavation 2) (valeurs de dim.):

x-Tête [m]	z-Tête [m]	Incl. [°]	Long. [m]	a [m]	F_{Sty} [kN]	F_{Nec} [kN]
11.41	-0.75	20.0	5.00	2.00	147.1	27.4
11.25	-2.00	20.0	5.00	2.00	175.7	34.6



Excavation No. 3 Nom: 3 Cas charge: trafic chantier**Stabilité Interne****Vérification Stabilité (Excavation 3):**

Calcul correspondant EL Type 3 (design values per m wall)

Dernier clou au-dessus du fond d'excavation est déjà placé.

Vérification est calculée avec les longueurs de clou données.

Incl. de paroi subst. def. aux points terminaux des clous est calculée autom.

Intersection paroi - fond d'excavation $x = 11.00$ $z = -4.00$

Mécanismes avec inters. des lignes de glissement aux extrémités des clous:

ϑ_1 [°]	ϑ_2 [°]	ϑ_{12} [°]	L_{clou} [m]	R [kN/m]	Q_1 [kN/m]	Q_{12} [kN/m]	Z_{Nec} [kN/m]	Z_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
16.8	52.4	90.0	5.0	413.9	395.2	17.1	-70.5	122.8	0.47*
3.4	52.9	97.1	5.0	364.4	333.8	19.5	-141.8	75.2	0.26*
-14.4	45.8	97.1	5.0	415.8	405.9	33.5	-267.6	0.5	0.03*

Mécanismes avec intersection de lignes de glissement comprise dans le clou:

46.9	52.0	90.0	-	127.9	169.0	10.6	62.6	225.1	0.28
43.0	51.7	90.0	-	151.8	187.5	10.9	56.4	215.8	0.26
27.3	50.8	90.0	-	204.6	206.3	13.2	-5.4	169.3	0.49*
27.3	51.4	82.5	-	199.4	204.9	16.6	-3.6	169.3	0.49*
27.3	51.7	75.0	-	194.0	204.3	20.5	-2.0	169.3	0.50*
27.3	51.7	67.5	-	188.2	204.4	25.3	-0.7	169.3	0.51*
24.8	50.7	90.0	-	304.5	305.1	13.9	-10.2	160.0	0.54*
24.8	51.3	82.5	-	291.6	296.2	17.5	-8.6	160.0	0.54*
24.8	51.7	75.0	-	278.3	287.8	21.7	-7.3	160.0	0.54*
24.8	51.7	67.5	-	264.0	279.7	27.0	-6.4	160.0	0.54*
24.8	51.3	82.0	-	290.7	295.6	17.8	-8.5	160.0	0.54*
24.8	51.5	79.9	-	287.0	293.2	18.9	-8.1	160.0	0.54*
24.8	51.6	77.8	-	283.3	290.9	20.1	-7.7	160.0	0.54*
24.8	51.6	75.7	-	279.5	288.6	21.3	-7.4	160.0	0.54*
24.8	51.7	73.6	-	275.7	286.3	22.6	-7.1	160.0	0.54*
24.8	51.7	71.5	-	271.7	284.0	24.1	-6.8	160.0	0.54*
24.8	51.7	69.4	-	267.7	281.7	25.6	-6.6	160.0	0.54*
24.8	51.7	67.3	-	263.6	279.4	27.2	-6.3	160.0	0.54*
24.8	52.3	65.2	-	259.3	277.2	28.9	-6.2	160.0	0.54*

Résultats d'un prisme simple:

ϑ [°]	R [kN/m]	Q [kN/m]	$ZH_{\text{Nec}} = E_{\text{ah}}$ [kN/m]	ZH_{Mob} [kN/m]	E_d/R_d [-]
51.1	143.84	160.61	55.26	220.16	0.25

Mécanisme de rupture déterminant pour la phase actuelle:ligne de glissement plate de $x = 11.00$ $z = -4.00$ à $x = 15.11$ $z = -2.10$ $\vartheta_1 = 24.8^\circ$ $\vartheta_2 = 52.3^\circ$ $\vartheta_{12} = 65.2^\circ$ $Z_{\text{Nec}} = -6.17$ [kN/m] $Z_{\text{Mob}} = 160.00$ [kN/m] $E_d/R_d = 0.54^*$

*** Indication: Tous les facteurs de sécurité marqués d'une '*'
ont été calculés selon Fellenius (φ -c reduction).

						Page	9
						Excavation	3
Programme DC-Clou/Win version 5.20						C. charge trafic	c
Paroi, Forces (valeurs de dim.) Forces selon EL Typ 2 (valeurs de dimensionnement) Déplacements selon EL aptitude au service Dimensionnement selon SIA 262:2013 Epaisseur béton h = 14.0 [cm] Ecart armature côté air d _{air} = 2.0 [cm] Ecart armature côté sol d _{sol} = 2.0 [cm] E-Module béton E = 27300 [MN/m²] Rigidité flexion EI = 6243 [kN*m²] Béton C20/25, résistance nom. béton f _{ck} = 20.0 [MN/m²] Valeur-limite béton vérif. poinçonnement Tau011 = 0.500 [MN/m²] Résistance nom. armature f _{yk} = 500.0 [MN/m²] Armature flexion pour calculer pourcentage d'armature longitudinale μ pour vérif. poinçonnement As μ = MAX(as ₁ ,as ₂) de calc. paroi *** Force pouss. terre E _{ah} a été calculée par optimisation de Theta en prenant en consideration toutes les charges cas de charge présent. *** Poussée de terre e _{ah} a été calculée par derivation des valeurs E _{ah} selon z. *** Cohésion non considérée. *** Aucune redistribution de la poussée de terre est appliquée. *** Poussée de terre e _{ah} des to charges permanentes + trafic est appliquée à 85.00 %.							
Poussée terre par m paroi (valeurs de dim.):							
points paroi		épais.paroi	Dist.armat.		angle gliss.	Poussée ter.	
x	z	h	d _{air}	d _{sol}	γ	E _{ah}	e _{ah}
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[°]	[kN]	[kN/m]
11.50	0.00	14.0	2.0	2.0	0.00	0.0	10.84
11.49	-0.10	14.0	2.0	2.0	58.94	0.0	10.84
11.48	-0.20	14.0	2.0	2.0	58.94	0.1	10.84
11.46	-0.30	14.0	2.0	2.0	58.94	0.3	10.84
11.45	-0.40	14.0	2.0	2.0	58.94	0.5	10.84
11.44	-0.50	14.0	2.0	2.0	58.94	0.7	10.84
11.43	-0.60	14.0	2.0	2.0	58.94	1.0	10.84
11.41	-0.70	14.0	2.0	2.0	44.85	1.6	10.84
11.41	-0.75	14.0	2.0	2.0	45.69	2.0	10.84
11.40	-0.80	14.0	2.0	2.0	46.46	2.4	10.84
11.39	-0.90	14.0	2.0	2.0	47.80	3.3	10.84
11.38	-1.00	14.0	2.0	2.0	48.93	4.3	10.84
11.36	-1.10	14.0	2.0	2.0	49.65	5.6	12.34
11.35	-1.20	14.0	2.0	2.0	50.12	7.2	14.41
11.34	-1.30	14.0	2.0	2.0	50.66	9.0	15.60
11.33	-1.40	14.0	2.0	2.0	51.14	10.9	16.61
11.31	-1.50	14.0	2.0	2.0	51.55	12.9	17.61
11.30	-1.60	14.0	2.0	2.0	51.92	15.0	18.60
11.29	-1.70	14.0	2.0	2.0	52.23	17.3	19.58
11.28	-1.80	14.0	2.0	2.0	52.51	19.7	20.55
11.26	-1.90	14.0	2.0	2.0	52.76	22.1	22.79
11.25	-2.00	14.0	2.0	2.0	50.75	25.0	25.42
11.24	-2.10	14.0	2.0	2.0	50.97	28.1	26.76
11.23	-2.20	14.0	2.0	2.0	51.17	31.3	27.69
11.21	-2.30	14.0	2.0	2.0	51.35	34.6	28.63
11.20	-2.40	14.0	2.0	2.0	51.52	38.0	29.56
11.19	-2.50	14.0	2.0	2.0	51.67	41.6	30.50
11.18	-2.60	14.0	2.0	2.0	51.82	45.2	31.43
11.16	-2.70	14.0	2.0	2.0	51.95	49.0	32.36
11.15	-2.80	14.0	2.0	2.0	52.08	52.8	33.28

points paroi		épais.paroi	Dist.armat.		angle gliss.	Poussée ter.	
x	z	h	d _{air}	d _{sol}	φ	E _{ah}	e _{ah}
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[°]	[kN]	[kN/m]
11.14	-2.90	14.0	2.0	2.0	52.19	56.8	34.21
11.13	-3.00	14.0	2.0	2.0	52.30	60.9	35.14
11.11	-3.10	14.0	2.0	2.0	52.41	65.1	36.06
11.10	-3.20	14.0	2.0	2.0	52.50	69.4	36.99
11.09	-3.30	14.0	2.0	2.0	52.59	73.8	37.91
11.08	-3.40	14.0	2.0	2.0	52.68	78.3	38.84
11.06	-3.51	14.0	2.0	2.0	52.76	83.3	39.82
11.05	-3.60	14.0	2.0	2.0	52.87	87.6	40.27
11.04	-3.70	14.0	2.0	2.0	53.91	92.4	40.38
11.03	-3.80	14.0	2.0	2.0	51.27	97.1	41.57
11.01	-3.90	14.0	2.0	2.0	51.27	102.2	39.24
11.00	-4.00	14.0	2.0	2.0	53.45	106.4	32.32

Forces par m paroi (valeurs de dim.):

z-coo	H-Press	Déform.	Forces		Appui	Armat.flex.		cisail.
z	h	w	T	M	A _H	as _{Air}	as _{Lay}	as _{Tras}
[m]	[kN/m]	[mm]	[kN]	[kN*m]	[kN]	[cm²/m]	[cm²/m]	[cm²/m]
0.00	10.84	-0.2	0.00	0.00	--	--	--	--
-0.10	10.84	-0.2	-1.08	-0.05	--	--	0.01	--
-0.20	10.84	-0.1	-2.15	-0.22	--	--	0.04	--
-0.30	10.84	-0.1	-3.23	-0.49	--	--	0.09	--
-0.40	10.84	-0.1	-4.30	-0.87	--	--	0.16	--
-0.50	10.84	0.0	-5.38	-1.35	--	--	0.25	--
-0.60	10.84	0.0	-6.45	-1.95	--	--	0.36	--
-0.65	10.84	0.0	-6.99	-2.30	--	--	0.43	--
-0.75	10.84	0.0	-0.33	-2.34	15.4	--	0.43	--
-0.75	10.84	0.0	-0.33	-2.34	--	--	0.43	--
-0.85	10.84	0.0	6.34	-2.37	--	--	0.44	--
-0.90	10.84	0.0	5.80	-2.05	--	--	0.38	--
-1.00	10.84	0.0	4.72	-1.52	--	--	0.28	--
-1.10	12.34	0.0	3.57	-1.10	--	--	0.20	--
-1.20	14.41	0.0	2.25	-0.80	--	--	0.15	--
-1.30	15.60	0.0	0.76	-0.65	--	--	0.12	--
-1.40	16.61	0.0	-0.84	-0.66	--	--	0.12	--
-1.50	17.61	0.0	-2.54	-0.83	--	--	0.15	--
-1.60	18.60	0.0	-4.34	-1.17	--	--	0.22	--
-1.70	19.58	0.0	-6.23	-1.70	--	--	0.31	--
-1.80	20.55	0.0	-8.22	-2.43	--	--	0.45	--
-1.90	22.79	0.0	-10.37	-3.36	--	--	0.62	--
-2.00	25.42	0.0	4.87	-2.87	35.2	--	0.53	--
-2.00	25.42	0.0	4.87	-2.87	--	--	0.53	--
-2.10	26.76	0.0	20.11	-2.37	--	--	0.44	--
-2.10	26.76	0.0	20.11	-2.37	--	--	0.44	--
-2.20	27.69	0.0	17.41	-2.34	--	--	0.43	--
-2.30	28.63	-0.1	14.62	1.14	--	0.21	--	--
-2.40	29.56	-0.1	11.73	2.47	--	0.46	--	--
-2.50	30.49	-0.1	8.75	3.50	--	0.65	--	--
-2.60	31.43	-0.1	5.68	4.23	--	0.78	--	--
-2.70	32.36	-0.1	2.51	4.64	--	0.86	--	--
-2.80	33.28	-0.1	-0.74	4.73	--	0.88	--	--
-2.90	34.21	-0.1	-4.09	4.49	--	0.83	--	--
-3.00	35.14	-0.1	-7.53	3.90	--	0.72	--	--
-3.10	36.06	-0.1	-11.06	2.97	--	0.55	--	--
-3.20	36.99	-0.1	-14.69	1.67	--	0.31	--	--
-3.30	37.91	0.0	-18.41	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.40	38.84	0.0	-22.21	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.41	38.91	0.0	-22.53	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.51	39.82	0.0	-3.61	-3.02 (*)	45.4	--	0.56	--

z-coo	H-Press	Déform.	Forces		Appui	Armat.flex.		cisaill.
z	h	w	T	M	A _H	as _{Air}	as _{Lay}	as _{Tras}
[m]	[kN/m]	[mm]	[kN]	[kN*m]	[kN]	[cm²/m]	[cm²/m]	[cm²/m]
-3.51	39.82	0.0	-3.61	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.61	40.28	0.0	15.31	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.70	40.38	0.0	11.62	-3.02 (*)	--	--	0.56	--
-3.80	41.57	0.0	7.56	-0.73	--	--	0.13	--
-3.90	39.24	0.0	3.55	-0.17	--	--	0.03	--
-3.90	39.23	0.0	3.55	-0.17	--	--	0.03	--
-4.00	32.33	0.0	0.00	0.00	--	--	--	--

*** Remarque: Pour les clous, l'effort tranchant T et le moment M sur le point d'appui sont calculés selon l'interpolation linéaire de T et M aux bords de la plaque de tête

*** Indication : M(*): Moment minimum est considéré selon SIA 262, 4.3.6.4.

Données clou (Excavation 3) (valeurs de dim.):

x-Tête	z-Tête	Incl.	Long.	a	f_{yk}	γ_M	F_{Sty}	F_{Nec}	F_{Dim}	Dm_{Nec}
[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[MN/m ²]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]
11.41	-0.75	20.0	5.00	2.00	500	1.350	126.3	31.7	32.7	10.6
11.25	-2.00	20.0	5.00	2.00	500	1.350	154.3	41.1	74.9	16.0
11.06	-3.51	20.0	5.00	2.00	500	1.350	188.0	51.8	96.5	18.2

Vérification Poinçonnement SIA 262:2013

τ_{cd}	= 0.90 N/mm ² : Contrainte de dimens. pour cisaillement (béton)
f_{sd}	= 435 N/mm ² : Valeur de dimens. de limite d'élasticité (acier d'armature)
D_{max}	= 8 mm: diamètre de granulat pour éqn. 37 (chap. 4.3.3.2.1)
k_d	= 0.9: Diminution de la circonférence pour la section de vérification aux colonnes intérieures (chap. 4.3.6.2.5)
F_d	Valeur de dimens. pour la force de poinçonnement selon SIA 267, 11.5.2.1 $F_d = 1.1 * R_{i,k} = 1.1 * (Dm_{Nec}/2)^2 * \pi * f_{yk}$
H-Press	Poussée de terre sur la plaque de tête
B	Largeur plaque de tête
As	Armature longitudinale/transversale près de la plaque en cm ² /m mur ($As = As_x = As_z$)
d_v	Hauteur statique de paroi
V_d	Valeur de dimensionnement de l'effort tranchant
$V_{Rd,c}$	Valeur de dimensionnement de la résistance au poinçonnement (Calcul de ψ (éqn. 59) selon 'Niveau d'approximation 2' (chap. 4.3.6.4.2))
As_{NecS}	Armature de cisaillement néc.
Dm_{sw}	= 8 mm: Diamètre d'armature de cisaillement pour éqn. 68 en chap. 4.3.6.5.4
As_{NecB}	Armature longitudinale/transversale totale nécessaire

z-Tête	F_d	H-Press	B	As	d_v	V_d	$V_{Rd,c}$	As_{NecS}	As_{NecB}	ρ_{NecB}
[m]	[kN]	[kN/m ²]	[cm]	[cm ² /m]	[cm]	[kN]	[kN]	[cm ²]	[cm ² /m]	[%]
-0.75	47.3	10.84	20.0	0.43	12.0	45.3	< 45.8	-	0.43	0.036
-2.00	108.4	25.42	20.0	0.53	12.0	103.8	< 108.9	-	2.28	0.190
-3.51	139.8	39.82	20.0	0.56	12.0	132.5	< 135.5	-	4.06	0.338

Stabilité Externe

Calcul résistance poinçonnement EL Type 2

Bord inf. fondation subst.: $x_1=11.00$ $z_1=-4.00$ $x_2=15.94$ $z_2=-4.00$

Paroi substitutif: (x_2, z_2) to $x_3= 15.94$ $z_3= 0.00$

charges:

Vertical	V_c / V_d	=	444.39 /	615.77 kN/m
Horizontal	H_c / H_d	=	-31.15 /	-50.78 kN/m
Moment	My_c / My_d	=	0.00 /	0.00 kNm/m

*** Indication: My est mis à zéro, car le bloc cloué se trouve sur la surface dans la direction du basculement.

Profondeur t	=	0.00 m
Largeur b'	=	4.94 m

Incl. de la force résultante $\tan(\delta_s)=H/V$	=	0.08
Détermine les paramètres de sol γ au-dessus de la semelle	=	0.00 kN/m ³
γ au-dessus de la semelle	=	10.00 kN/m ³
Angle de frottement φ	=	25.00 °
Cohésion c	=	15.00 kN/m ²
Coeff. poinçonnement N_c, N_q, N_γ	=	16.06 7.24 4.36
Coeff. d'inclinaison i_c, i_q, i_γ	=	0.81 0.84 0.78
Coeff. talus $\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$	=	1.00 1.00 1.00
Coeff. d'inclinaison de semelle ξ_c, ξ_q, ξ_γ	=	1.00 1.00 1.00
Largeur du mécanisme de rupture	=	18.57 m
Profondeur du mécanisme de rupture	=	5.62 m

Valeur de calcul de l'action poinçonnement $N_d = 615.8$ kN

Valeur de calcul de la résistance au poinçonnement $R_d = 885.4$ kN

$N_d/R_d = 0.70 < 1.0$: vérification satisfaite.

*** Remark:

Vérification contre glissement est calculé implicitement par les mécanismes à deux blocs.

Il n'y aura pas de vérification séparée.

Vérification stabilité talus Cas charge trafic chantier EL Typ 3

Charges horizontales de trafic sont seulement prises en considération si elles créent un moment défavorable.

Charges verticales de trafic sont seulement prises en considération si elles créent un moment défavorable.

(en dehors de $R \cdot \sin(\varphi)$)

Centre = (10.42, 1.67), Rayon = 7.19

Point de départ = (6.00, -4.00), point de fin = (17.42, 0.00)

Géométrie de tranche:

No	x	Largeur b	dxM	Poids G	Surcharge P	hydr.- surch. W	u	φ	c	ϑ
	[m]	[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	[kN/m ²]	[°]
1	6.36	0.72	-4.06	4.3	0.0	0.0	-1.8	21.24	10.00	-34.38*
2	7.08	0.72	-3.34	11.5	0.0	0.0	-4.9	21.24	10.00	-27.70
3	7.80	0.72	-2.62	16.9	0.0	0.0	-7.3	21.24	10.00	-21.40
4	8.52	0.72	-1.90	20.9	0.0	0.0	-9.0	21.24	10.00	-15.36
5	9.24	0.72	-1.19	23.5	0.0	0.0	-10.2	21.24	10.00	-9.49
6	9.96	0.72	-0.47	24.9	0.0	0.0	-10.8	21.24	10.00	-3.72
7	10.67	0.72	0.25	25.2	0.0	0.2	-11.1	21.24	10.00	2.02
8	11.39	0.72	0.97	69.0	0.0	0.0	-14.2	21.24	10.00	7.77
9	12.11	0.72	1.69	85.1	0.0	0.0	-16.6	21.24	10.00	13.60
10	12.83	0.72	2.41	81.6	0.0	0.0	-15.0	21.24	10.00	19.58
11	13.55	0.72	3.13	76.6	18.7	0.0	-12.9	21.24	10.00	25.80
12	14.27	0.72	3.85	70.0	18.7	0.0	-10.0	21.24	10.00	32.36
13	14.99	0.72	4.57	61.4	18.7	0.0	-6.2	21.24	10.00	39.43
14	15.71	0.72	5.29	50.1	18.7	0.0	-2.0	21.24	10.00	47.32
15	16.43	0.72	6.01	34.9	18.7	0.0	0.0	21.24	10.00	56.64
16	17.10	0.63	6.68	11.8	16.3	0.0	0.0	30.26	0.00	68.27

*** Indication: Tous les lamelles marquées avec "*", ϑ est limité à $45^\circ - \varphi/2$.

Part des charges verticales:

No.	$S=G+P+W$	$E_d=S \cdot \sin \vartheta$	$(S-u \cdot b) \cdot \tan \varphi + c \cdot b$	$\cos \vartheta + \mu \cdot \tan \varphi \cdot \sin \vartheta$	R_d
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
1	4.3	-2.45	8.19	0.674412	12.14
2	11.5	-5.35	9.75	0.761222	12.81
3	16.9	-6.18	10.94	0.833611	13.12
4	20.9	-5.53	11.81	0.893548	13.21

No.	S=G+P+W	$E_d = S \cdot \sin \vartheta$	$(S - u \cdot b) \cdot \tan \varphi + c \cdot b$	$\cos \vartheta + \mu \cdot \tan \varphi \cdot \sin \vartheta$	R_d
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
5	23.5	-3.87	12.38	0.942290	13.14
6	24.9	-1.61	12.68	0.980581	12.93
7	25.4	0.89	12.76	1.008782	12.65
8	69.0	9.33	28.47	1.026939	27.72
9	85.1	20.02	33.81	1.034786	32.68
10	81.6	27.34	33.04	1.031705	32.02
11	95.3	41.46	39.21	1.016612	38.57
12	88.7	47.45	37.76	0.987723	38.23
13	80.0	50.85	35.88	0.942065	38.09
14	68.8	50.59	33.14	0.874289	37.90
15	53.6	44.76	28.02	0.773109	36.24
16	28.2	26.19	16.45	0.742982	22.14
		-----			-----
		293.87			393.61

Contribution de clous:

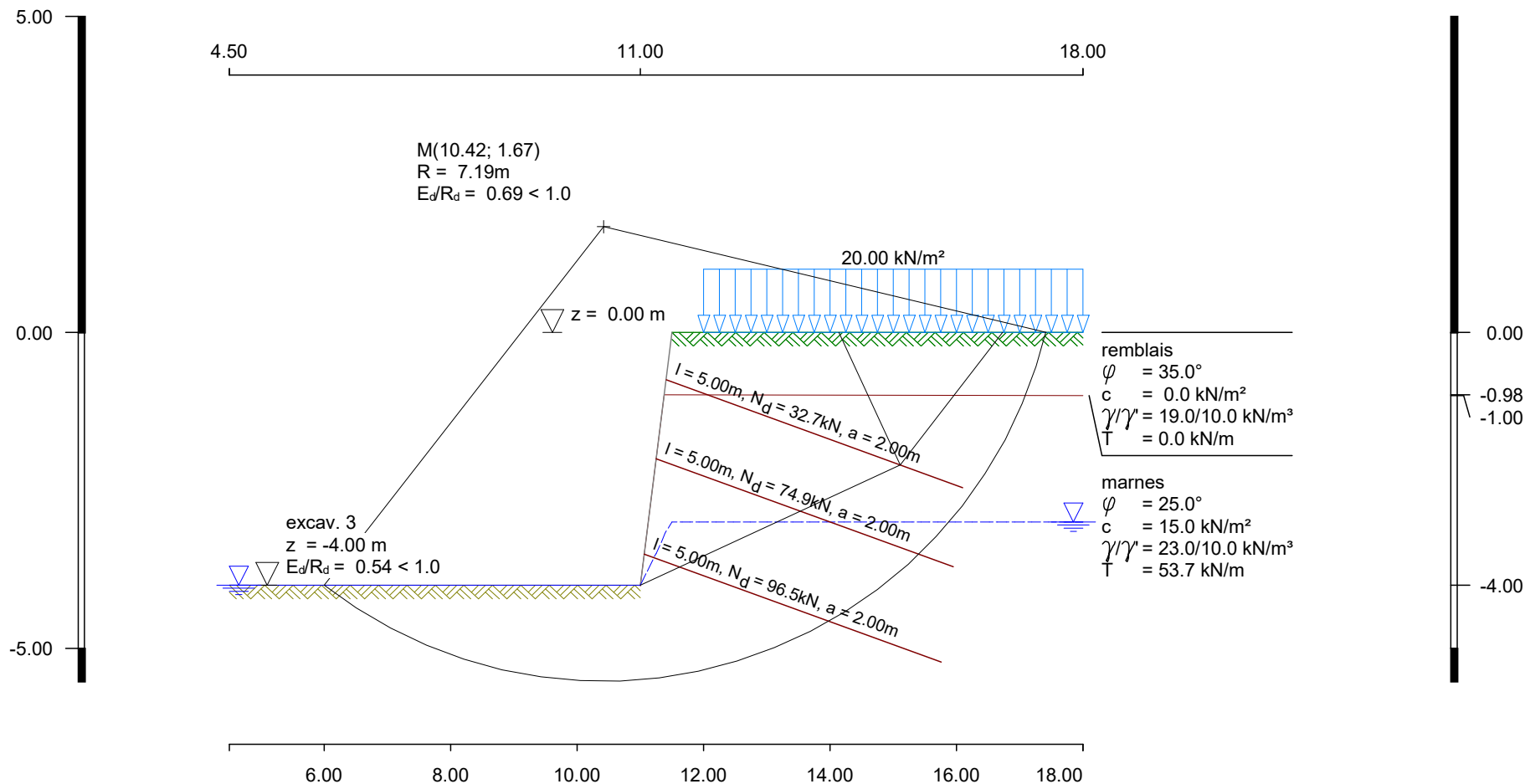
Clous non précontraints $F_A = F_{Mob}$

$$M_{\text{retenant}} = R \cdot ((\mu \cdot F_A \cdot \sin \alpha \cdot \tan \varphi) / (\cos \vartheta + \mu \cdot \sin \vartheta \cdot \tan \varphi) + F_A \cdot \cos(\vartheta + \alpha))$$

$$M_{\text{entraînant}} = 0$$

Clou	x_s	z_s	$F_{Mob,c}$	auto-	$F_{Mob,d}$	$M_{\text{retenant},d}$	$M_{\text{entraîn.},d}$	$F_{Mob,d} \cdot \mu$
	[m]	[m]	[kN/clou]	contraint	[kN/clou]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/clou]
2	15.41	-3.51	31.1	oui	23.0	44.8	0.0	15.8
3	13.99	-4.57	101.3	oui	75.1	199.1	0.0	51.6

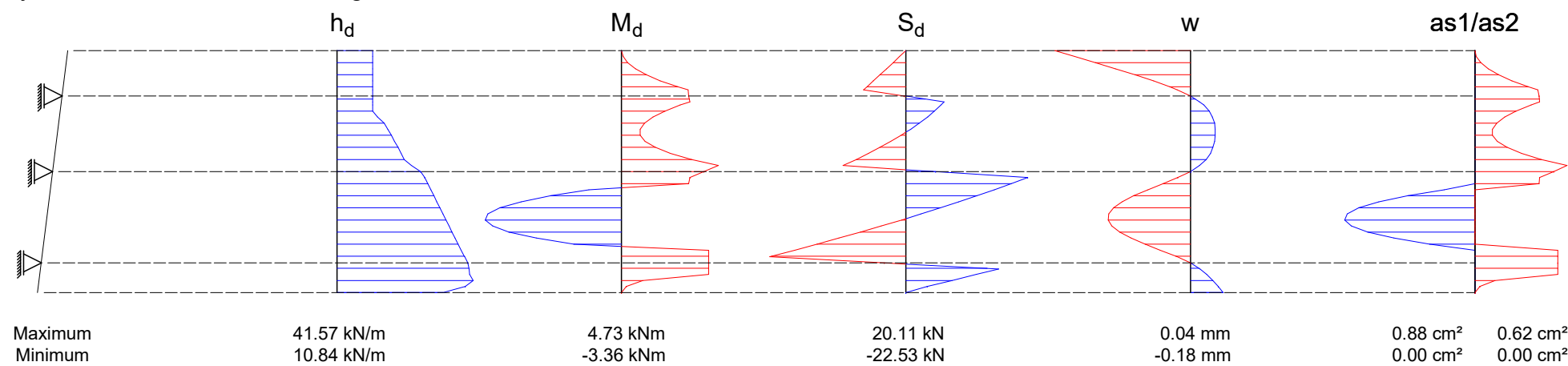
Somme $M_{\text{retenant},d}$: 243.8 kNm/mCharges $E_d = 293.9 \cdot 7.2 = 2113.0$ kNm/mResistances $R_d = 393.6 \cdot 7.2 + 243.8 = 3074.0$ kNm/m $\mu = E_d / R_d = 0.69 < 1.0$: Vérification satisfaite.



Système

Charge

Sollicitations



Sommaire de Facteurs d'utilisation E_d / R_d de tous les étapes

Stage	Stabilité interne	Poinçonnem.	Rupture terrain
1: 1	0.41	---	---
2: 2	0.51	---	---
3: 3	0.54	0.70	0.69

Résumé

Toutes les vérifications sont satisfaites.

Synthèse des forces et longueurs nécessaires déterminantes des clous:

Couche	z-Coord	Force (Dim.) N_d	Longueur	Long. scell	Diamètre nec..	Largeur plaque	Fact.corr. cisail
	[m]	[kN]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[%]
1	-0.75	32.7	5.00	5.00	10.6	200	100
2	-2.00	74.9	5.00	5.00	16.0	200	100
3	-3.51	96.5	5.00	5.00	18.2	200	100
	$\Sigma =$	204.1					

Explication de l'impression 'Vérification de stabilité':

Toutes les forces [kN/m] se réfère à kN à 1 m de paroi perpend. au plan d'image.

ϑ_1	Inclinaison de la ligne de glissement plate
ϑ_2	Inclinaison de la ligne de glissement pentue
ϑ_{12}	Inclinaison de la ligne de glissement intermédiaire (paroi subst.) ($=90^\circ + \rho$)
L_{clou}	Longueur de clou
R	Charge tot. de la figure de glissement princ. (poids propre, charges, press. hydr.)
Q_1	Force dans la ligne de glissement plate
Q_{12}	Poussée de terre act. sur la ligne de glissement intermédiaire
Z_{Nec}	Force de clou néc. résult. sur la figure de glissement princ. (tension=positiv) pour satisfaire l'équilibre des forces H/Vs
Z_{Mob}	Force de clou max. mobilisable (= somme des possibles forces d'extraction des tranches de clou derrière la ligne de glissement)
E_d/R_d	Facteur d'utilisation pour force de clou Z_{Nec} et Z_{Mob} ou selon Fellenius

Dénominations dans impression 'Données clou' :

a	Ecart horizontal des clous
f_{yk}	Résistance nominale acier clou
γ_M	Acier: sécurité limite elast.
F_{Sty}	Force max. d'extraction par clou selon calcul de stabilité interne
F_{Nec}	Force de clou requise pour reprendre Z_{Nec} du mecanisme dét. Tous les mécanismes dans cet état de construction sont considérés.
F_{Dim}	Force max. par clou selon calcul efforts intérieurs de paroi
$D_{m_{\text{Nec}}}$	Diamètre nécessaire selon la condition $As = \text{MAX}(F_{\text{Nec}}, F_{\text{Dim}}) * \gamma_s / f_{yk}$

Annexe C : concept de fouille

Paroi clouée, hauteur 2m,
2 lignes d'ancrages L 3m, eh 2m, GEWI 25mm, incl. 20°
L1 : -0.5/haut paroi
L2 : -1.5/haut paroi

Emprise parois clouées et terrassements

Ouvrage de rétention béton enterré
 $V = 125\text{m}^3$
 $Q_{fuite} = 31\text{L/s}$
Voir plan 290 pour détails

Paroi clouée, hauteur 4m
3 lignes d'ancrages L 5m, eh 2m, GEWI 25mm, incl. 20°
L1 : -0.75/TN
L2 : -2.0/TN
L3 : -3.5/TN

Talus à 3H/2V
Hauteur 2m

3H/2V