APRIL 2023
BY OG HAVN

FROKOSTKANAL NORD, DESIGNRAPPORT FOR SPUNSVÆGGE

COWI

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

APRIL 2023
BY OG HAVN

FROKOSTKANAL NORD, DESIGNRAPPORT FOR SPUNSVÆGGE

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A112240	A112240-400

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
2.0	28-04-2023		CSJO	THAD	CSJO

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Sammenfatning af resultater	8
2	Konstruktionsfaser	10
2.1	Kanalspunsvægge	10
2.2	Tværskot	11
3	Laster	13
3.1	Overudgravning	13
4	Geotekniske forhold	14
5	Vandspejlsforhold	15
6	Levetid	16
7	Sikkerhed	17
7.1	Sikkerhedsniveau	17
8	Design af spunsvægge	18
8.1	Snitkræfter	18
8.2	Lodret ligevægt	19
8.3	Kontrol af tværsnit	20
8.4	Deformationsanalyse	22
8.5	Totalstabilitet	24
9	Dimensionering af ankerplader	26
9.1	Ankermodstand	26
9.2	Armering af ankerplader	26

10 Design af ankerbolte og stræk 28
10.1 Ankerbolte 28
10.2 Stræk 28

11 Referencer 30

BILAG

Bilag A WinSPOOKS-beregninger

Bilag B Lodret ligevægt

Bilag C Spidsbæreevne af spunsvæg

Bilag D Bæreevne af spunstværsnit

Bilag E Dimensionering af ankerplader

Bilag F Deformationsanalyse

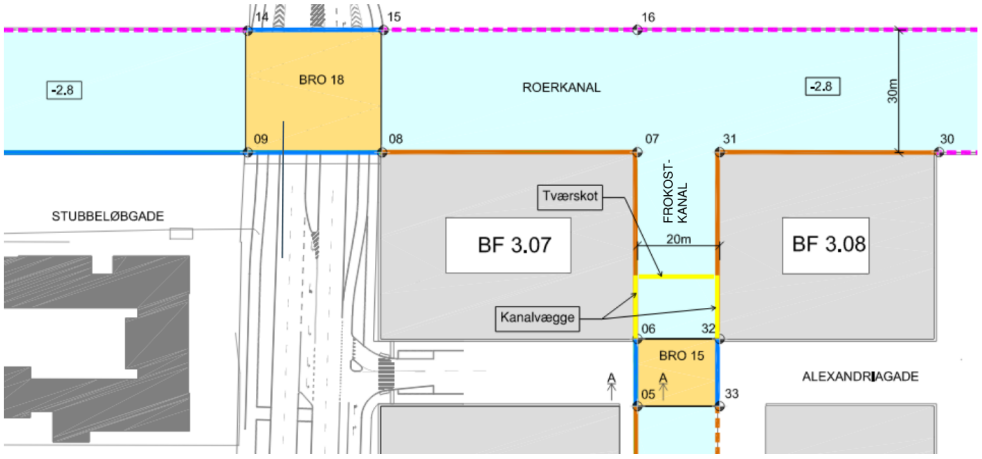
Bilag G Dimensionering af ankerbolte og stræk

Bilag H Armering af ankerplader

1 Indledning

Trælastholmen er et område i Københavns Nordhavn, hvor der sker en større byudvikling herunder etablering af to kanaler, der forbinder Orientbassinet med Kalkbrænderihavnen. Langs kanalerne er der udlagt seks byggefelter, hvoraf der er udviklet projekter for de tre af felterne. På sigt skal der også udvikles projekter for de øvrige byggefelter.

I denne rapport sammenfattes designforudsætninger og resultater for design af spunsvægge i den nordlige del af Frokostkanalen. Placeringen af de betragtede spunsvægge er markeret med gult på Figur 1.1.



Figur 1.1 Oversigtsplan for Trælastholmen ved den nordlige del af Frokostkanalen.

De betragtede spunsvægge omfatter:

- Permanente spunsvægge på begge sider af Frokostkanalen mod byggefelt 3.07 og 3.08.
- En midlertidig spunsvæg, der skal fungere som tværskot for midlertidigt at afgrænse Frokostkanalen.

Projektområdet nord for Bro 15 er vist på Figur 1.2. De nye kanalspunsvægge skal sættes i forlængelse af de eksisterende vægge. Den eksisterende afslutning af de to kanalspunsvægge er vist på Figur 1.3. Det ses at spunsflangen for den

østlige væg er beskadiget, så det må forventes at den beskadigede del af den eksisterende spuns skal skæres væk, så den nye kanalspunsvæg kan sættes i lås med den eksisterende væg.

Figur 1.2 Foto af projektområde nord for Bro 15. Foto er taget d. 11-03-2023.

Figur 1.3 Venstre: foto af eksisterende vestlig kanalspuns ved afslutning nord for Bro 15. Højre: foto af eksisterende østlig kanalspuns ved afslutning nord for Bro 15. De to fotos er taget d. 11-03-2023.

Forudsætninger samt beregninger for dimensionering af de to spunsvægge er dokumenteret i denne rapport.

1.1 Sammenfatning af resultater

De udførte beregninger viser at spunsvæggene skal være:

- Kanalvægge: AZ24-700 eller tilsvarende spunsprofil rammet til kote -12,0 m DVR90. Top af væg er i kote +3,5 m DVR90.

- Tværskot: AZ20-700 eller tilsvarende spunsprofil rammet til kote -8,1 m DVR90. Top af væg er i kote +3,5 m DVR90.

I forbindelse med udgravning i Frokostkanalen forventes en vandret deformation i toppen af spunsvæggen på ca. 6 cm mod midten af kanalen. Tilsvarende fås en vandret deformation ved toppen af spunsvæggen på ca. 6 cm mod midten af byggegruben i forbindelse med udgravning af byggefelterne.

Byggerierne indenfor byggefelt 3.07 og 3.08 skal kunne optage en forankrings-kraft på:

- 88 kN i ULS og 147 kN i ALS ved forankring i kote +2,0 m DVR90.

- 104 kN i ULS og 173 kN i ALS ved forankring i kote +1,0 m DVR90.

Kanalspunsvæggene skal rammes til relativt stor dybde. Det skyldes, at væggen skal stå uforankret i byggefasen, hvor der graves ud i byggefelterne samtidig med at der er vand i Frokostkanalen. Fordelen ved at spunsen rammes så dybt er, at der opnås en hydraulisk afskæring af et sandlag truffet mellem kote -5,4 og -10,8 m DVR90, og derved bliver det lettere at sænke grundvandet i bygge-gruberne. Af hensyn til grundvandssænkningen i Frokostkanalen vil det være en fordel at ramme tværskottet til samme kote, så der opnås samme afskæring af sandlaget.

Der må forventes at være behov for forboring for at få spunsprofilerne ned til den krævede spidskote.

Det anbefales, at spunslåsene i kanalvæggene svejses for vandtætning i forbin-delse med udgravning til Frokostkanalen for derved at reducere vandindstrøm-ning gennem væggene, mens der graves ud i byggefeterne.

2 Konstruktionsfaser

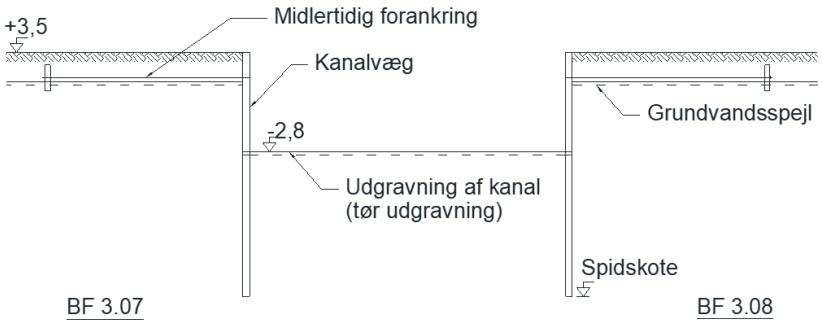
2.1 Kanalspunsvægge

I dette afsnit redegøres for de konstruktionsfaser kanalspunsvæggene er designet for. De betragtede kanalspunsvægge er beliggende langs byggefelt BF 3.07 og BF 3.08. De to byggefelter er endnu ikke solgt men forventes udbygget på et tidspunkt efter udgravning af kanalen. Den betragtede byggetakt er:

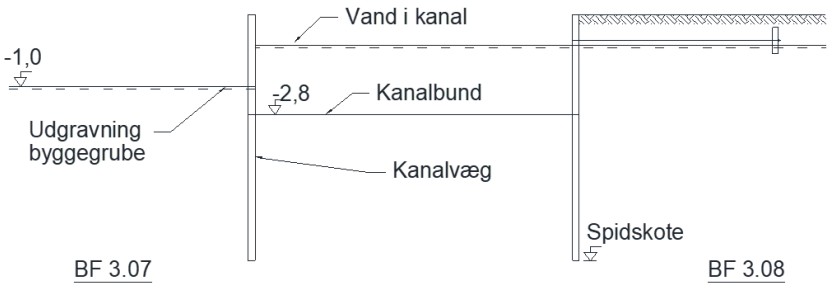
1 Midlertidig fase med udgravning i Frokostkanalen til kote -2,8 m DVR90. Udgravningen udføres tørt dvs. grundvandet forudsættes sænket til umiddelbart under kanalbunden. Terrænet udenfor kanalen er beliggende i kote +3,5 m DVR90. Kanalspunsvæggene forankres midlertidigt med ankerplader. Forankringen etableres indenfor byggefelt BF 3.07 og BF 3.08. Princippet er vist på Figur 2.1.

2 Midlertidig fase med udgravning i byggegrube for byggefelt BF 3.07 og BF 3.08. Der forudsættes udgravet til kote -1,0 m DVR90 i de to byggefelter. Udgravningen udføres tørt dvs. grundvandet forudsættes sænket til umiddelbart under bund af byggegrube. Der er vand i Frokostkanalen i denne fase. Spunsvæggen skal stå frit i denne fase. Princippet er vist for byggefelt BF 3.07 på Figur 2.2 men vil være tilsvarende for byggefelt BF 3.08.

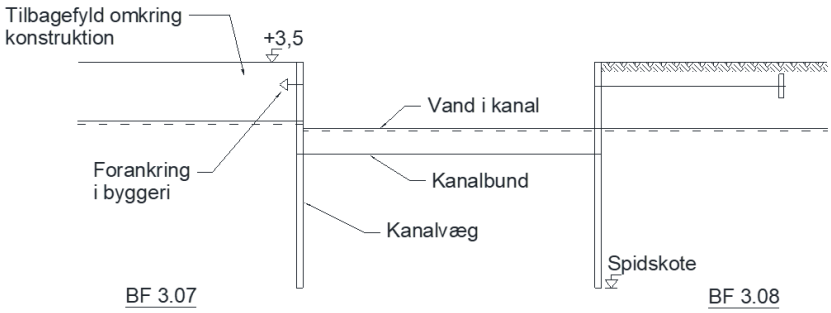
3 Permanent fase efter etablering af byggeri i byggefelt BF 3.07 og BF 3.08. Der forudsættes at være tilbagefyldt omkring byggeriet til terrænniveau i kote +3,5 m DVR90. Kanalspunsvæggene forankres til byggeriet. Forankringen forudsættes at være placeret mellem kote +2,0 og +1,0 m DVR90. Princippet er vist for byggefelt BF 3.07 på Figur 2.3 men vil være tilsvarende for byggefelt BF 3.08.



Figur 2.1 Midlertidig fase med udgravning i kanal. Udgravning foretages tørt. Kanalspunsvæggene er midlertidigt forankrede med ankerplader.



Figur 2.2 *Midlertidig fase med udgravning i byggefelt bag kanalvæg mens der er vand i Frokostkanalen. Udgravning foretages tørt. Kanalspunsvæggen mod byggefeltet står uforankret i denne fase. Princippet er kun vist for byggefelt BF 3.07.*

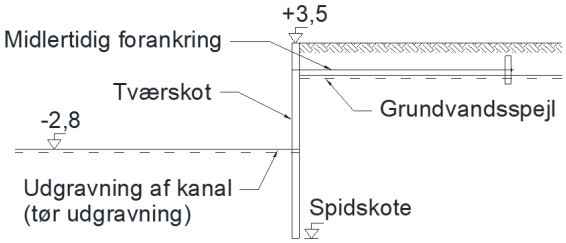


Figur 2.3 *Permanent fase, hvor der er tilbagefyldt omkring konstruktion. Kanalspunsvæggene er forankret til byggeriet. Forankringen antages at kunne være mellem kote +1 og +2 m DVR90. Princippet er kun vist for byggefelt BF 3.07.*

2.2 Tværskot

Der skal rammes en midlertidig spunsvæg på tværs af Frokostkanalen som et tværskot. Tværskottet skal udgøre en midlertidig afgrænsning af Frokostkanalen mod nord.

Tværskottet er designet for at der på forsiden udgraves til bunden af Frokostkanalen i kote -2,8 m DVR90. Udgravningen udføres tørt dvs. grundvandet forudsættes sænket til umiddelbart under kanalbunden. Tværskottet forankres med ankerplader. Princippet er vist på Figur 2.4. Både tværskottet og forankringen skal fjernes, når den resterende del af Frokostkanalen skal udgraves.



Figur 2.4 *Midlertidig tværskot til afgrænsning af Frokostkanalen mod nord. På forsiden af væggen udgraves tørt til bunden af Frokostkanalen. Tværskottet forankres med ankerplader.*

3 Laster

I de midlertidige faser er spunsvæggene designet for en karakteristisk variabel overfladelast på q_k=20 kPa. Lasten svarer til eventuel byggepladstrafik bag spunsvæggene i udførelsesfasen.

I den permanente fase er kanalspunsvæggene designet for en karakteristisk variabel overfladelast på q_k=5 kPa. Lasten er variabel last fra eventuelle udendørsarealer, der etableres i forbindelse med udbygning af byggefelt BF 3.07 og BF 3.08.

Bygningerne indenfor de to byggefelter forudsættes funderet på pæle, og det er antaget, at der ikke overføres last fra pælene til kanalspunsvæggene.

3.1 Overudgravning

Kanalspunsvæggene er designet for, at der kan ske en overudgravning i de to byggegruber på Δa=0,4 m i henhold til DS/EN 1997-1 afsnit 9.3.2.2(2).

4 Geotekniske forhold

Der er i 2017 udført en række geotekniske boringer i området for Trælastholmen med henblik på at afdække jordbundsforholdene for kanalvæggene. I den nordlige del af Frokostkanalen er der udført to geotekniske boringer, og derudover er der indsamlet boreprofiler fra tre historiske boringer. Undersøgelseskampagnen er udført af Niras og afrapporteret i (Niras, 2017).

På baggrund af de geotekniske undersøgelser er der defineret et geoteknisk designprofil som angivet i Tabel 4.1.

I de udførte boringer er terræn omkring kote +2,9 m DVR90. Kanalspunsvæggene har top i kote +3,5 m DVR90, og således skal der ske en generel hævning af terrænet i området. Terrænreguleringen er forudsat at ske med friktionsfyld som angivet i Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Geoteknisk designprofil for kanalvægge og tværskot i den nordlige del af Frokostkanalen.

Jordlag	Topkote (m DVR90)	γ / γ' (kN/m³)	$c_{u;k}$ (kPa)	φ'_k (grader)	c'_k (kPa)	E_{oed} (MPa)
Fyld, sand (ny)	+3,5	19 / 10	-	35	0	25
Fyld, ler/sand	+2,9	20 / 10	150	35	0	15
Gytje	-3,4	15 / 5	50	30	0	5
Smeltevandssand	-5,4	19 / 10	-	37	0	40
Grønsandsler	-10,8	20 / 10	300	35	20	100
Kalk	-13,8	22 / 12	-	-	-	500

5 Vandspejlsforhold

Spunsvæggene dimensioneres for vandstandsvariationer estimeret ud fra tilgængelige vandstandsstatistikker.

I Tabel 5.1 er angivet middel- og ekstremværdier for henholdsvis høj- og lavvande i Københavns Nordhavn. De angivne ekstremværdier svarer til en 100-årshændelse, og værdierne stammer fra en tidligere analyse for Oceankaj i Københavns Nordhavn udført af COWI. I fremskrivningen af højvandssituationen er der inkluderet en stigning på 30 cm som følge af klimaforandringer. I situationen med lavvande er der konservativt set bort fra denne stigning.

De angivne middelvandstande er baseret på tidevand, og talværdierne kommer fra tidevandstabeller for Københavns Havn.

Tabel 5.1 Oversigt over middel- og ekstremvandstande for nutidsforhold samt fremskrivning år 2100 med en forventet vandstandsstigning på 30 cm.

	År 2018	År 2100
Ekstremhøjvande (HHWL)	+1,60	+1,90
Middelhøjvande (MHWL)	+0,10	+0,40
Middellavvande (MLWL)	-0,15	-0,45
Ekstremlavvande (LLWL)	-1,0	-1,0

Alle spunsvæggene er dimensioneret for et differensvandspejl på mindst $\Delta H=0,5$ m mellem for- og bagside. Der forventes ikke at være nogen særlig bølgepåvirkning i Frokostkanalen.

Alle spunsvæggene er dimensioneret for en ulykkessituation, hvor der er vand i terræn på bagsiden af væggen. Ulykkessituationen dækker en situation med ekstremregn, hvor vandet bag spunsvæggen ikke kan dræne bort. I den permanente situation er vandspejlsniveauet i kanalen forudsat at være i kote 0 under ulykkestilfældet med ekstremregn.

6 Levetid

Spunsvæggene er designet for følgende levetider:

- Kanalspunsvægge: 50 års levetid.
- Tværskot: 5 års levetid.

Der er ikke forudsat opsætning af anoder. Levetiden af spunsvæggene er sikret ved at fratrække spunstværsnittet den forventede korrosion. I midlertidige faser er der designet for 5 års korrosion.

Korrosionen indenfor den betragtede levetid er fastsat ud fra korrosionsrater angivet i DS/EN 1993-5 tabel 4-1 og 4-2. Det samlede korrosionstab for kanalspunsvæggene i den permanente fase er angivet i tabel 6.1. Tilsvarende er korrosionstab for kanalvægge i midlertidige faser samt tværskottet vist i Tabel 6.2. Korrosionstab for ankerstænger er ligeledes angivet i Tabel 6.1 og Tabel 6.2. Ankerstængerne designes for en rustpåvirkning tilsvarende bagsiden af spunsvæggen i den øverste fyld.

Tabel 6.1 Korrosionstab for kanalspunsvægge langs byggefelt BF 3.07 og BF 3.08 i den nordlige del af Frokostkanalen. Levetid er 50 år.

Position	Forside (mm)	Bagside (mm)	Total (mm)
Over kote -1,0 m DVR90 (splash zone)	3,75	1,2	4.95
Under kote -1,0 m DVR90 (permanent immersion)	1,75	1,2	2,95
Under kote -2,8 m DVR90 (intakt jord)	0,6	0,6	1,2
Ankerstænger til ankerplader (reduktion af diameter) (komprimeret ikke-aggressiv fyld)	1,2		1,2

Tabel 6.2 Korrosionstab for kanalvægge i midlertidige faser samt tværskot. Levetid er 5 år.

Position	Forside (mm)	Bagside (mm)	Total (mm)
Over kote -1,0 m DVR90 (splash zone)	0,55	0,18	0,73
Under kote -1,0 m DVR90 (permanent immersion)	0,25	0,18	0,43
Under kote -2,8 m DVR90 (intakt jord)	0	0	0
Ankerstænger til ankerplader (reduktion af diameter) (komprimeret ikke-aggressiv fyld)	0,18		0,18

7 Sikkerhed

Spunsvæggene er designet i overensstemmelse med følgende Eurocodes i seneste udgave inklusiv danske nationale annekser:

- DS/EN 1993-5 Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 5: Pilotering
- DS/EN 1997-1 Eurocode 7: Geoteknik – del 1: Generelle regler

7.1 Sikkerhedsniveau

Spunsvæggene er designet i konsekvensklasse 2 (CC2).

Partialkoefficienter på last og jordparametre er som angivet i tabel 7.1 i ULS, ALS og SLS.

Tabel 7.1 Partialkoefficienter på last og jordparametre.

Grænsetilstand	γ_F	γ_{cu}	$\gamma_{tan\varphi}$	γ_c
ULS	1,4	1,8	1,2	1,2
ALS	1,0	1,0	1,0	1,0
SLS	1,0	1,0	1,0	1,0

Partialkoefficienter på stålstyrke er angivet i Tabel 7.2. Stålkonstruktionerne er designet i normal kontrolklasse.

Tabel 7.2 Partialkoefficienter på stålstyrke.

Grænsetilstand	γ_{M0} (flydespænding)	γ_{M2} (brudspænding)
ULS	1,1	1,35
ALS	1,0	1,0
SLS	1,0	1,0

8 Design af spunsvægge

Spunsvæggene designes i ULS ved brug af softwaren WinSPOOKS, hvor snitkræfter, ankerkræfter samt nødvendig rammekote bestemmes på baggrund af en forudbestemt brudmåde.

Deformationer af spunsvæggen i SLS er kontrolleret ved brug af softwaren Plaxis.

8.1 Snitkræfter

Regningsmæssig ankerkraft og moment i spunsvæggene er bestemt i WinSPOOKS. I dette afsnit redegøres for beregningsresultaterne.

Beregningerne i WinSPOOKS er vist i Bilag A.

8.1.1 Kanalvægge

Regningsmæssig ankerkraft, moment og rammekote for kanalvæggene er angivet i Tabel 8.1. For kanalvæggene er betragtet tre konstruktionsfaser som beskrevet i afsnit 2.1:

1 Midlertidig fase med udgravning til kanal (Figur 2.1).

2 Midlertidig fase med udgravning til byggegrube. I denne fase er spunsvæggen uforankret (Figur 2.2).

3 Permanent fase med tilbagefyld omkring konstruktion og vand i kanal (Figur 2.3).

Den betragtede konstruktionsfase er angivet med fasenummer i Tabel 8.1. Det ses, at fase 2 er kritisk for rammedybde og moment, idet spunsvæggen er uforankret i denne fase. I de øvrige konstruktionsfaser er der valgt en brudmåde, der tager hensyn til at spunsvæggen har en indspænding i jorden, så ankerkraften kan reduceres.

Tabel 8.1 Regningsmæssig ankerkraft, moment og rammekote bestemt i WinSPOOKS for kanalvægge. Kritiske værdier er markeret med fed.

Fase	Tilfælde	Tilstand	Ankerkote (m DVR90)	A_d (kN/m)	M_d (kNm/m)	PL (m DVR90)
1	ULS	Drænet	+1,9	**182**	397	-11,0
1	ALS	Drænet	+1,9	**213**	430	-10,9
2	ULS	Drænet	-	-	**629**	**-12,0**
2	ULS	Udrænet	-	-	294	-9,5
3	ULS	Drænet	+2,0	88	172	-8,9
3	ULS	Drænet	+1,0	104	133	-8,5
3	ALS	Drænet	+2,0	147	**253**	-9,4
3	ALS	Drænet	+1,0	173	181	-8,9

Generelt er beregningerne lavet for den drænede tilstand. Der er lavet en enkelt beregning for den udrænede tilstand for at sikre, at den ikke er dimensionsgivende. Beregningen er lavet for fase 2 og det ses ud fra Tabel 8.1, at den udrænede tilstand ikke er dimensionsgivende.

Det betragtede ulykkestilfælde (ALS) er for vand i terræn. Det ses, at ulykkestilfældet er kritisk for ankerkraften, så derfor er både ULS og ALS betragtet ved dimensionering af ankerpladerne (se afsnit 9).

8.1.2 Tværskot

Regningsmæssig ankerkraft, moment og rammekote for tværskottet er angivet i Tabel 8.2. Tværskottet er designet for udgravning til kanalbund som vist på Figur 2.4.

Tabel 8.2 Regningsmæssig ankerkraft, moment og rammekote bestemt i WinSPOOKS for tværskot. Kritiske værdier er markeret med fed.

Tilfælde	Tilstand	Ankerkote (m DVR90)	A_d (kN/m)	M_d (kNm/m)	PL (m DVR90)
ULS	Drænet	+1,9	**221**	**570**	**-8,1**
ALS	Drænet	+1,9	**259**	**628**	--8,0
ULS	Udrænet	+1,9	66	150	-7,7

8.2 Lodret ligevægt

Den lodrette ligevægt af spunsvæggene er kontrolleret for at sikre, at ruheden anvendt i WinSPOOKS er tilladelig jf. DS/EN 1997-1 DK NA:2021, afsnit C.1(3). I WinSPOOKS er ruheden på forsiden af væggen om nødvendigt reduceret

(r<1,0), så der bliver en lille resulterende nedadrettet kraft på spunsvæggene. Den resulterende nedadrettede kraft skal optages ved spunsspidsen. I udrænede lag er anvendt en ruhed på 0.

De anvendte ruheder og den lodrette ligevægt er vist i Tabel 8.3. Den resulterende kraft er bestemt som:

$$F_{res} = F_{ned} - F_{op}$$

Således er en positiv resulterende kraft nedadrettet.

Det ses, at der bliver en opadrettet kraft på 3 kN/m i ULS-beregningen for fase 1. Den beskedne opadrettede kraft vurderes at være ubetydelig.

Tabel 8.3 Ruhed på for- og bagside anvendt i WinSPOOKS samt lodret ligevægt af spunsvæggene i de betragtede faser.

Fase	Tilfælde	Tilstand	Ankerkote (m DVR90)	Ruhed forside	Ruhed bagisde	F_{ned} (kN/m)	F_{op} (kN/m)	F_{res} (kN/m)
1	ULS	Drænet	+1,9	0,7	1,0	379	382	-3
1	ALS	Drænet	+1,9	0,45	1,0	319	304	15
2	ULS	Drænet	-	0,45	1,0	171	170	1
2	ULS	Udrænet	-	0,45	1,0	92	70	22
3	ULS	Drænet	+2,0	1,0	1,0	268	259	8
3	ULS	Drænet	+1,0	1,0	1,0	249	229	21
3	ALS	Drænet	+2,0	0,55	1,0	227	218	10
3	ALS	Drænet	+1,0	0,6	1,0	202	202	0

Det er kontrolleret, at den nedadrettede kraft kan optages ved spunsspidsen som spidsmodstand på stålarealet. Beregning af spunsvæggenes spidsmodstand er vist i Bilag C.

8.3 Kontrol af tværsnit

Spunsvæggene skal være i stålkvalitet S355. Profiltype skal være z-profiler.

Momentkapaciteten af spunsvæggene er bestemt i henhold til DS/EN 1993-5 afsnit 5.2.2 for tværsnitsklasse 3:

$$M_{c,Rd} = \frac{\beta_B \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

hvor:
β_B er en faktor der tager højde for forskydningskraftpåvirkningen af spunslåsene. For z-profiler er β_B=1,0.

W_{el} er det elastiske modstandsmoment for spunsprofilet.
f_y er den karakteristiske flydespænding, f_y=355 MPa.
γ_{M0} er partialkoefficient på flydespænding som angivet i Tabel 7.2.

I forbindelse med designet er det kontrolleret, at spunstværsnittet kan henføres til tværsnitsklasse 3 ved opfyldelse af følgende ulighed (DS/EN 1993-5, tabel 5-1):

$$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 66$$

hvor:
b er bredden af spunsflangen
t_f er tykkelsen af spunsflangen
ε er en materialefaktor defineret som:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

I beregningerne er det sikret at uligheden er opfyldt ved om nødvendigt at anvende en reduceret flydespænding.

Bæreevnen af spunstværsnittet er bestemt for følgende spunsprofiler:

- Kanalvægge: AZ24-700
- Tværskot: AZ20-700

Beregning af kanalspunsens bæreevne er udført for de kritiske beregningsfaser i Tabel 8.1. Bæreevnen af spunstværsnittet er kontrolleret både i den midlertidige og den permanente fase, da korrosionen af spunsvæggen er forskellig i de to faser. I den permanente fase fås det kritiske moment i ALS som vist i Tabel 8.1. Den permanente fase er ikke dimensionsgivende og derfor er det for nemheds skyld kontrolleret, at spunstværsnittet har tilstrækkelig bæreevne i ULS til at optage ALS-momentet. Resultatet af bæreevneeftervisningen er sammenfattet i Tabel 8.4. Beregningsdetaljerne er vist i Bilag D.

Tabel 8.4 Momentkapacitet af kanalvægge. Spunsprofil er AZ24-700.

Tilstand	Tilfælde	M_d (kNm/m)	$M_{c,Rd}$ (kNm/m)	$M_d/M_{c,Rd}$
Midlertidig	ULS	629	784	0,80
Permanent	ULS og ALS	253	378	0,67

Tilsvarende bæreevneeftervisning er lavet for tværskottet. Det kritiske moment der skal optages, er vist i Tabel 8.2. Resultatet af bæreevneeftervisningen er sammenfattet i Tabel 8.5. Beregningsdetaljerne er vist i Bilag D.

Tabel 8.5 Momentkapacitet af tværskot. Spunsprofil er AZ20-700.

Tilstand	Tilfælde	M_d (kNm/m)	$M_{c,Rd}$ (kNm/m)	$M_d/M_{c,Rd}$
Midlertidig	ULS	570	601	0,95
Midlertidig	ALS	628	661	0,95

8.4 Deformationsanalyse

Der er lavet en beregning af de forventede deformationer af kanalspunsvæggene særligt med henblik på at bestemme deformationen ind mod byggegruben i den midlertidige fase hvor væggen står udforankret (Figur 2.2). Der er ikke lavet nogen deformationsanalyse for tværskottet, da deformationer af denne væg vurderes at være uden interesse.

Deformationsanalysen er lavet i Plaxis, og der er modelleret følgende beregningsfaser:

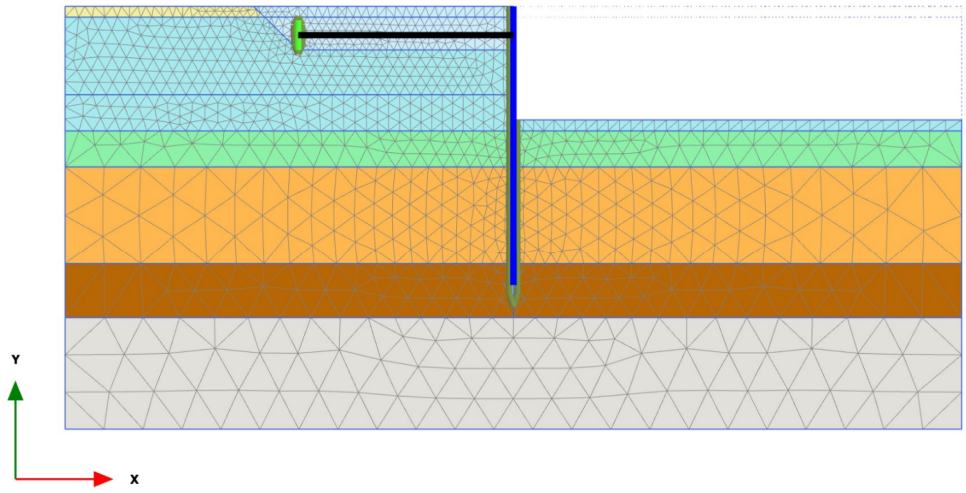
- Initialfase (eksisterende forhold før ramning af spuns).
- Installation af spunsvægge og forankring.
- Udgravning af kanal. Tør udgravning til kote -2,8 m DVR90.
- Vand fyldes i kanal.
- Udgravning af byggegrube. Tør udgravning til kote -1,0 m DVR90 mens der er vand i kanal.

De kritiske faser i forhold til deformationer er de to udgravningsfaser. Den udeformerede model i de to faser er vist i Figur 8.1 og Figur 8.2.

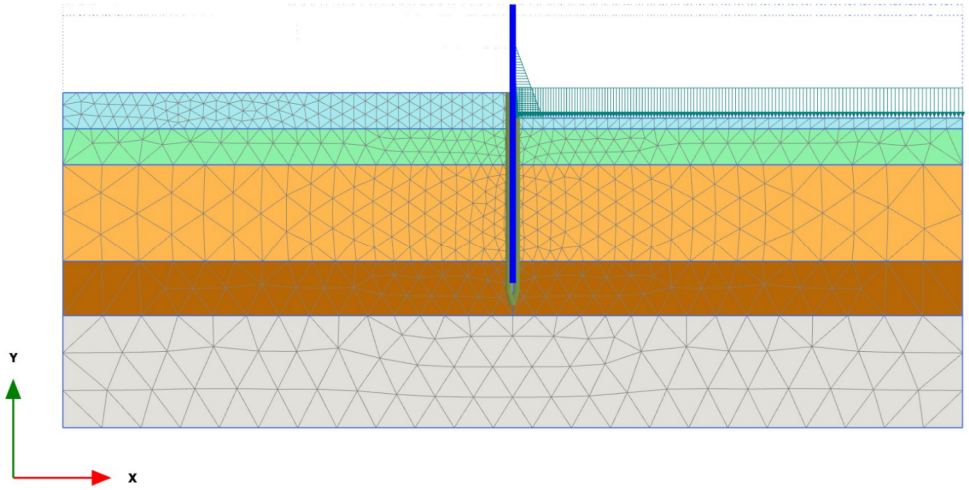
Jorden er modelleret med parametre som angivet i Tabel 4.1. Stivhedsparametre for spunsvæggen anvendt i Plaxis er angivet i Tabel 8.6. Stivhedsparametrene er bestemt for et tværsnit med 0,73 mm korrosion, hvilket svarer til den maksimale korrosion i midlertidige faser som angivet i Tabel 6.2.

Tabel 8.6 Stivhedsparametre for spunsprofil anvendt i Plaxis. Stivhedsparametre er bestemt for et korroderet tværsnit.

Spunsprofil	Korrosion (mm)	EA (kN/m)	EI (kNm^2/m)	w (kN/m/m)	ν
AZ24-700	0,73	3,42E6	110,0E3	1,345	0,25

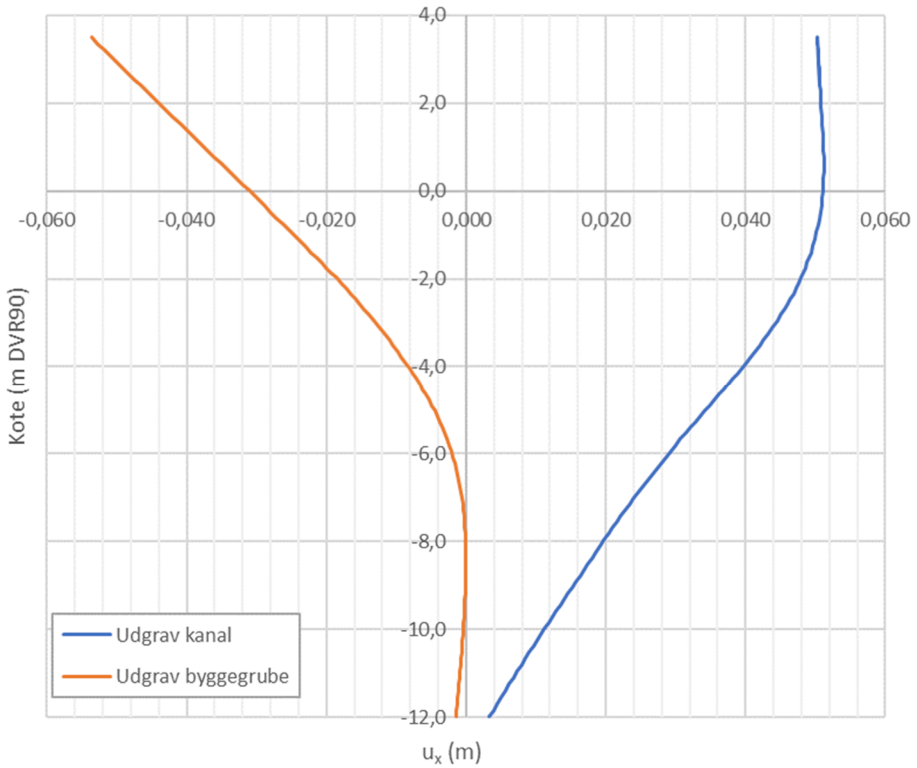


Figur 8.1 Udeformeret model for beregningsfase med udgravning af kanal.



Figur 8.2 Udeformeret model for beregningsfase med udgravning af byggegrube.

De beregnede vandrette deformationer af kanalspunsvæggene er vist på Figur 8.3 for de to udgravningsfaser. Orienteringen af koordinatsystemet er vist på Figur 8.2, så en positiv deformation angiver bevægelse mod midten af kanalen. Ved udgravning af kanalen bliver den maksimale vandrette deformation ca. 6 cm mod midten af kanalen. Ved udgravning af byggegruben bliver den maksimale vandrette deformation ca. 6 cm ind mod byggegruben.



Figur 8.3 *Vandret deformation af kanalspunsvægge i fase med udgravning til kanal og udgravning til byggegrube. Orientering af koordinatsystem kan ses på Figur 8.1.*

8.5 Totalstabilitet

Væggens totalstabilitet er kontrolleret for en brudfigur bagom ankerpladerne. Kontrollen er udført i Plaxis, hvor der er udført en φ'-c'-reduktion, dvs. jordens styrke reduceres gradvist indtil brud. Beregningen er udført med regningsmæssige laster og karakteristiske jordparametre, og dermed skal der opnås en reduktion på jordens styrke mindst svarende til $\gamma_{tan\varphi}=\gamma_c=1,2$.

I totalstabilitetsanalysen er betragtet følgende konstruktionsfaser:

- Initialfase (eksisterende forhold før ramning af spuns).
- Installation af spunsvægge og forankring.
- Udgravning af kanal. Tør udgravning til kote -2,8 m DVR90.

De efterfølgende faser er ikke modelleret, da udgravning af kanalen er kritisk for totalstabiliteten.

Totalstabiliteten er kontrolleret for to lasttilfælde:

- Overfladelast virker over hele arealet bag spunsvæggen

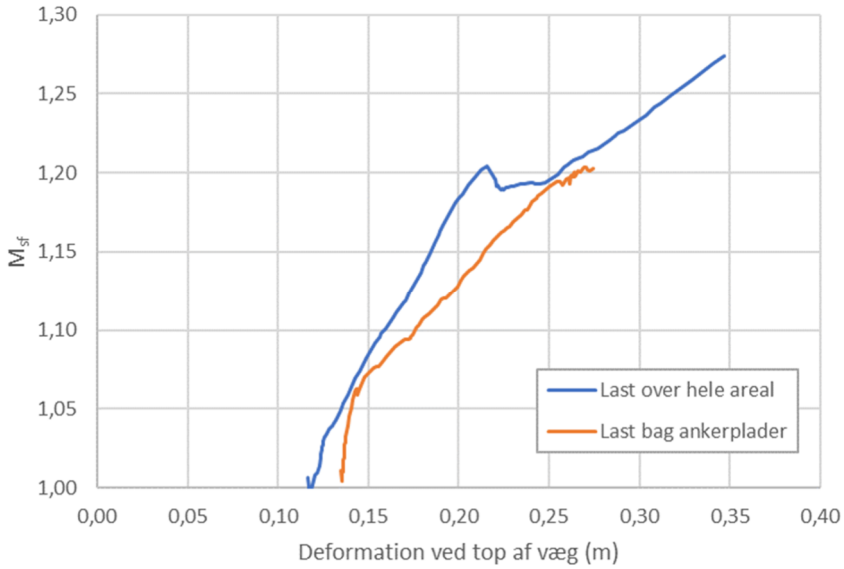
> Overfladelast virker kun bag ankerpladerne

Den regningsmæssige overfladelast er:

$$q_d = q_k \cdot \gamma_Q = 20\ kPa\ \cdot 1.4 = 28\ kPa$$

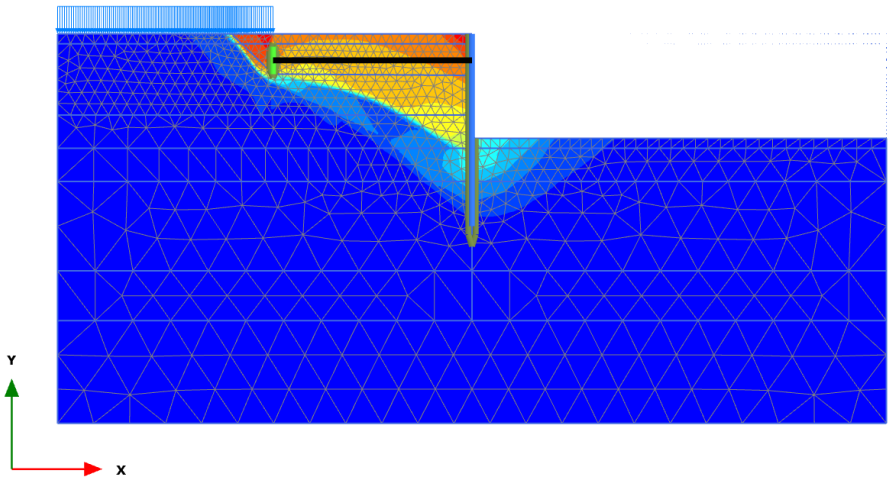
Beregningerne er udført for en længde af ankerstængerne på 12 m.

Resultaterne er vist i Figur 8.4, og det ses at for begge tilfælde opnås en sikkerhed på mindst 1,2 svarende til den krævede sikkerhed.



Figur 8.4 Opnået reduktion på jordens styrke i φ-c-reduktion i Plaxis.

Den beregnede brudfigur for lasttilfældet med overfladelast virkende bag ankerpladerne er vist på Figur 8.5.



Figur 8.5 Beregnet brudfigur for belastningstilfælde med last bag ankerplader.

9 Dimensionering af ankerplader

I dette afsnit redegøres for dimensionering af ankerplader, der anvendes som midlertidig forankring af både kanalvæggene og tværskottet.

9.1 Ankermodstand

Dimensionerne af ankerpladerne bestemmes ud fra en beregning af den modstand jorden foran ankerpladerne kan yde. Ankerpladerne antages at have en center-center afstand på 2,8 m, svarende til at spunsvæggen forankres i hver anden bugt.

I beregningerne er det forudsat at jorden foran ankerpladerne er rene friktionsmaterialer, der er komprimeret og har en karakteristisk friktionsvinkel på mindst 37 grader. Det vurderes at være realistisk at opnå denne friktionsvinkel for grusgravsmaterialer tilsvarende kvalitet BL I (Vejdirektoratet, 2023).

De nødvendige dimensioner af ankerpladerne samt den regningsmæssige ankermodstand (A_{Rd}) er angivet Tabel 9.1. Den ankerkraft, der skal optages, er ligeledes angivet i Tabel 9.1.

Det ses ud fra Tabel 9.1, at ankerpladerne til tværskottet skal være lidt større end ankerpladerne til kanalvæggene. For at lette arbejdet under udførelsen kan der anvendes 2,1 m x 2,1 m ankerplader til alle spunsvæggene.

Beregningsdetaljer er vist i Bilag E.

Tabel 9.1 Dimensioner af ankerplader til kanalspunsvægge samt den regningsmæssige ankermodstand som ankerpladerne kan yde.

Væg	Tilfælde	H (m)	L (m)	T (m)	A_d (kN/m)	A_{Rd} (kN/m)
Kanalspuns	ULS	1,65	1,65	0,35	182	186
	ALS	1,65	1,65	0,35	213	235
Tværskot	ULS	2,1	2,1	0,35	221	222
	ALS	2,1	2,1	0,35	259	279

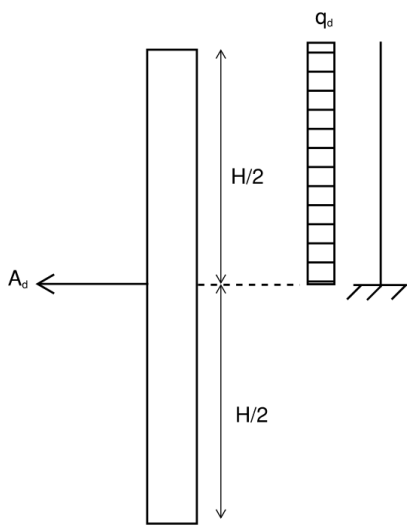
9.2 Armering af ankerplader

Grundlag for dimensionering af ankerplader er:

- Konsekvensklasse: CC2
- Materialekontrolklasse: Normal
- Miljøklasse: Ekstra aggressiv

Det maksimale snitmoment i ankerpladerne bestemmes ud fra en bjælkemodel, hvor ankerpladen betragtes som en udkraget bjælke indspændt ved centrum af

pladen. Belastningen på bjælken bestemmes som ankerkraften fordelt over ankerpladens areal. Princippet er vist på Figur 9.1



$$q_d = \frac{A_d}{H}$$

$$M_d = \frac{1}{2} q_d \left(\frac{H}{2}\right)^2$$

Figur 9.1 Princip for bestemmelse af snitmoment i ankerplade.

Tabel 9.2 Snitmoment i ankerplader.

Væg	Tilfælde	A_d (kN/m)	q_d (kN/m)	M_d (kNm)
Kanalvæg	ULS	510	300	108
	ALS	596	351	124
Tværskot	ULS	619	295	162
	ALS	725	345	190

Ankerpladerne armeres for snitmomenterne vist i Tabel 9.2. Armeringsberegningerne er vist i Bilag H. Beregningerne viser, at den krævede armeringsmængde er Ø14/150 mm.

10 Design af ankerbolte og stræk

I dette afsnit redegøres for dimensionering af ankerstænger og stræk.

10.1 Ankerbolte

Ankerbolte er Ø43 mm SAS 670/800 og afstanden mellem ankerboltene er 2,8 m svarende til at der er anker i hver anden spunsbugt.

Ankerboltene har en designlevetid på 5 år, hvorved der skal tages hensyn til 0,18 mm korrosion (ikke-aggressiv, ikke-komprimeret fyld).

Bæreevnen af ankerboltene i ULS bestemmes som (Eurocode, 2007):

$$F_{tt,Rd} = k_t \frac{f_{ua} A_s}{\gamma_{M2}} = 1{,}0 \frac{800\ MPa \cdot 1428\ mm^2}{1{,}35} = 846\ kN \text{ (brudbæreevne)}$$

$$F_{tg,Rd} = \frac{f_y A_g}{\gamma_{M0}} = \frac{670\ MPa \cdot 1428\ mm^2}{1.10} = 870\ kN \text{ (flydebæreevne)}$$

Reduktionsfaktoren på brudbæreevnen (k_t) er lig med 1,0 for ankerbolte med påvalsede gevindribber, hvilket gælder for SAS ankrene.

I ALS bliver bæreevnen af ankerboltene:

$$F_{tt,Rd} = 1{,}0 \frac{800\ MPa \cdot 1428\ mm^2}{1{,}0} = 1142\ kN \text{ (brudbæreevne)}$$

$$F_{tg,Rd} = \frac{f_y A_g}{\gamma_{M0}} = \frac{670\ MPa \cdot 1428\ mm^2}{1.0} = 957\ kN \text{ (flydebæreevne)}$$

I Tabel 10.1 ses den regningsmæssige ankerkraft og den regningsmæssige bæreevne af ankerboltene, og det ses at bæreevnen er tilladelig.

Tabel 10.1 Regningsmæssig ankerkraft og bæreevne af ankerbolte.

Væg	Tilfælde	A_d (kN/m)	A_d (kN)	Min($F_{tt,Rd}$;$F_{tg,Rd}$) (kN)
Kanalvæg	ULS	182	510	846
	ALS	213	596	957
Tværskot	ULS	221	619	846
	ALS	259	725	957

10.2 Stræk

Strækket skal fordele ankerkraften mellem ankerboltene. Strækket består af 2xUNP240. Snitkræfterne i strækket bestemmes ud fra en bjælkemodel med en kontinuert bjælke over fire fag. Dermed bliver det maksimale snitmoment:

$$M_{neg} = -0.107 \cdot A_d \cdot {l_a}^2 \text{ (negativt moment ved ankerbolte)}$$

$M_{pos} = 0.077 \cdot A_d \cdot {l_a}^2$ (positivt moment mellem ankerbolte)

hvor l_a angiver afstanden mellem ankerboltene, l_a=2,8 m og A_d er den regnings-mæssige ankerkraft.

Bæreevnen af strækket i ULS bestemmes som:

$$M_{Rd} = \frac{2 \cdot W_{UNP} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3\ mm^3 \cdot 355\ MPa}{1{,}10} = 225\ kNm$$

Tilsvarende bliver bæreevnen i ALS:

$$M_{Rd} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3\ mm^3 \cdot 355\ MPa}{1{,}0} = 247\ kNm$$

I Tabel 10.2 ses en oversigt over snitmomenterne i strækket samt den tilhø-rende momentbæreevne. Bærevnen ses at være tilstrækkelig.

Beregningsdetaljer herunder dimensionering af underlagsplader og hvoedbolte er vist i Bilag G.

Tabel 10.2 Snitmoment i stræk samt momentbæreevne.

Væg	Tilfælde	A_d (kN/m)	M_{neg} (kNm)	M_{pos} (kNm)	M_{Rd} (kNm)
Kanalvæg	ULS	182	-153	110	225
	ALS	213	-179	129	247
Tværskot	ULS	221	-185	133	225
	ALS	259	-217	156	247

11 Referencer

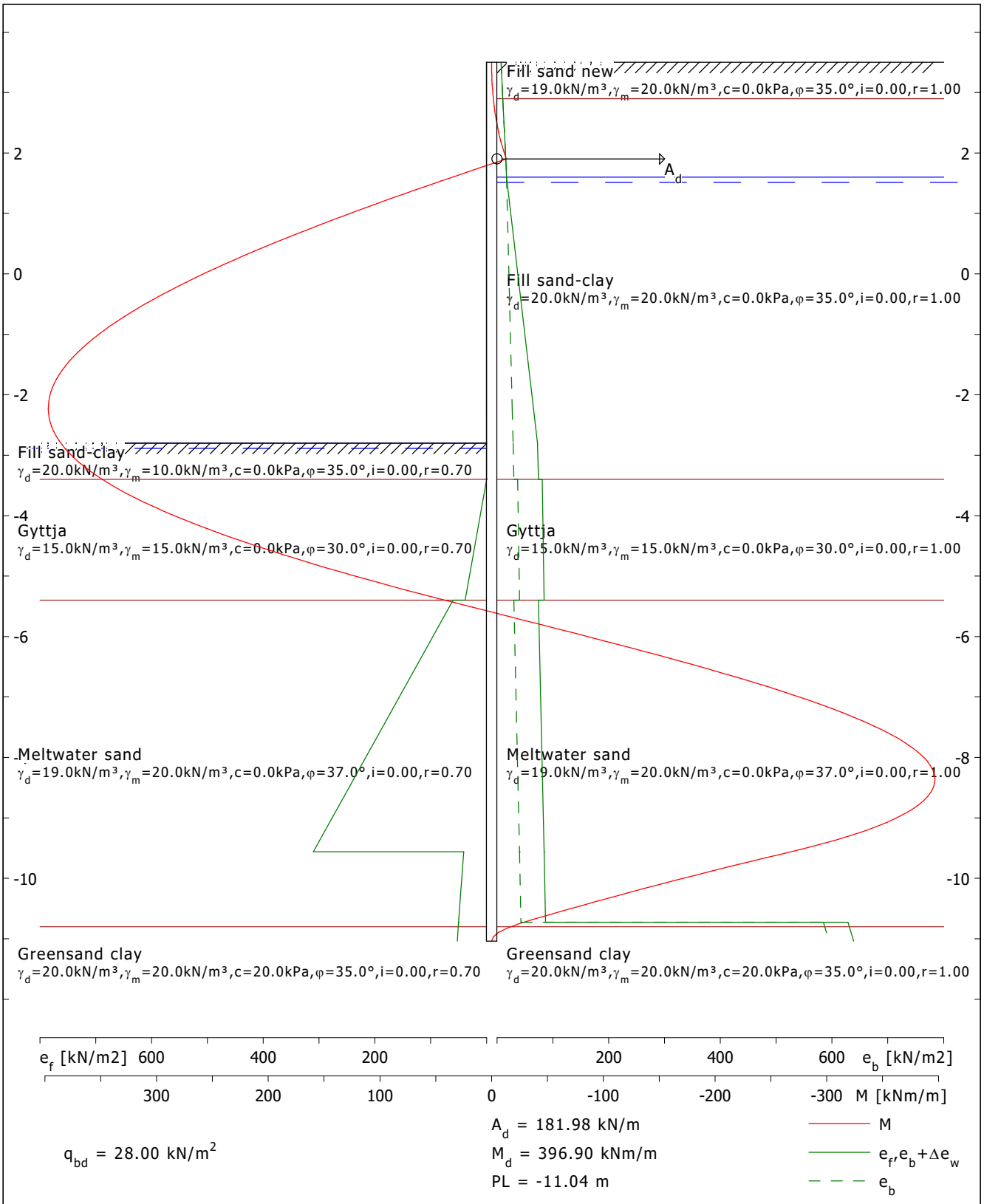
Eurocode. (2007). *DS/EN 1993-5 Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 5: Piling.* Dansk Standard.

Niras. (2017). *Trælastholmen, Geoteknisk Datarapport.*

Vejdirektoratet. (2023). *Bundsikring af sand og grus - Vejledning.* Vejdirektoratet.

BILAG A

WINSPOOKS-BEREGNINGER



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:44:07 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.70	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.70	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.70	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.70	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	0.70	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	0.70	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	0.70	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	0.70	Greensand clay

Water levels:

front	back
-2.80 m	1.60 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	20.00 kN//m2	28.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.20	f_{cb}	1.20
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Anchor:

z_A 1.90 m

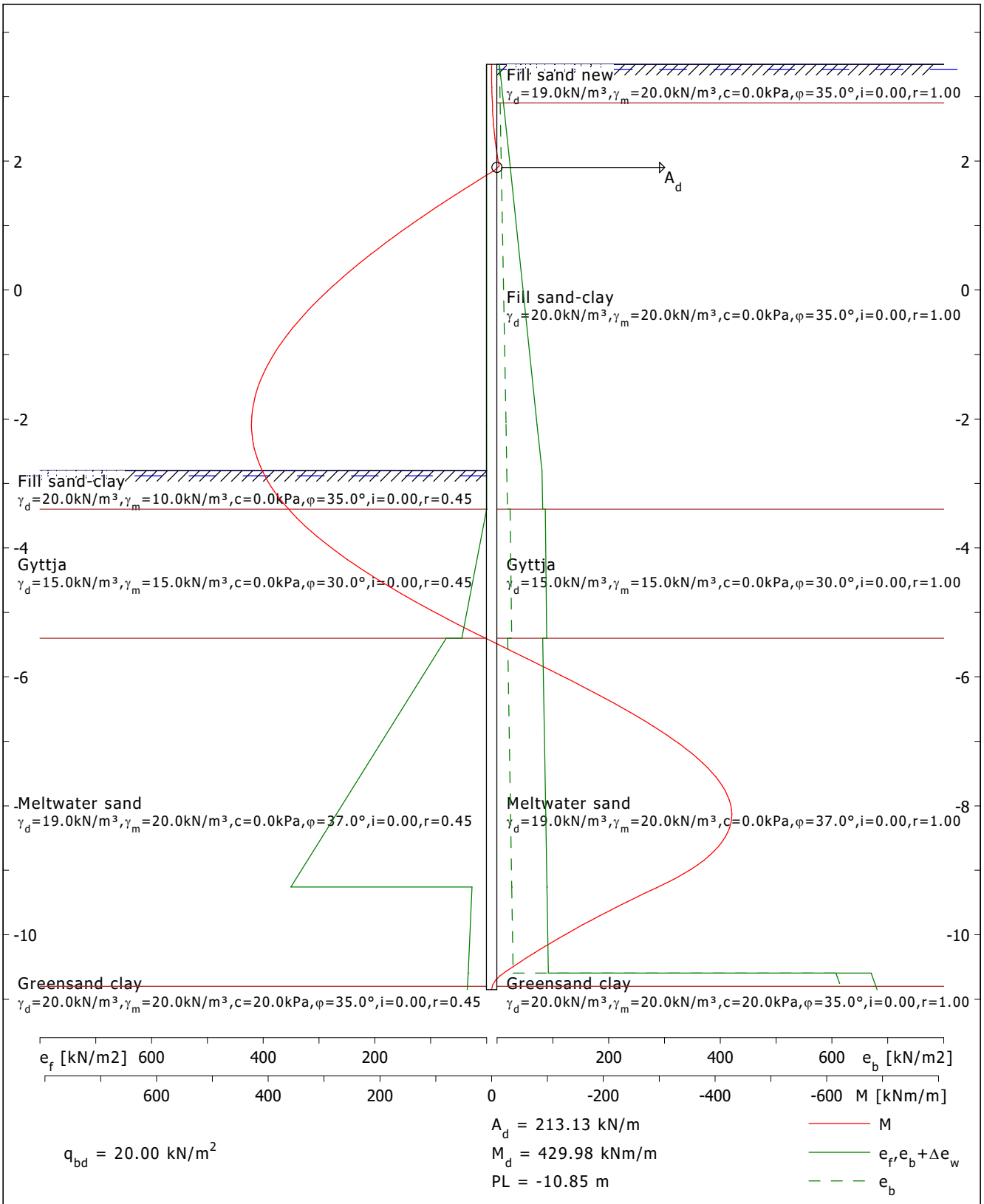
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:43
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.  30.26   0.00   0.70
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   0.70
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   0.70
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  30.26  16.67   0.70

          BACK    3.50   0.00  28.00
                                    19.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                  2.90 /            20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -2.80,  back   1.60)        10.00           0.000  1.000  -1

          # Boundaries below encastre level are disregarded

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                               PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                               ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP WALL & UPPER GROUND        3.50                 7.56       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER        2.90                10.54       0.00
          ANCHOR                         1.90                15.76       0.00
          WATER LEVEL                    1.60                17.32       0.00
          MOMENT MAXIMUM                -2.22                27.30      38.24
          GROUND AND WATER LEVEL        -2.80       0.00     28.81      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -3.40       0.00     30.37      44.00
          BELOW "                       -3.40       0.00     37.18      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -5.40      38.16     40.37      44.00
          BELOW "                       -5.40      60.12     30.32      44.00
          ENCASTRE LEVEL                -8.364    238.28     37.43      44.00
                                        -9.561    310.27     40.30      44.00
                LENCASTRE MOMENT )      -9.56      40.77     40.30      44.00
```

```
      is   -396.90 kN )       -10.73      49.99      43.10      44.00
                              -10.728     49.99     584.66      44.00
FOOT LEVEL                    -11.041     52.46     594.90      44.00

ANCHOR FORCE............      181.98 kN/m at    1.90
MOMENT AT ANCHOR........      -13.11 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.       -2.224
MAXIMUM MOMENT..........      396.90 kN
LEVEL OF FOOT...........      -11.041

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure Rev.

2023-03-09 13:45:52 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.45	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.45	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.45	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.45	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.45	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.45	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.45	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.45	Greensand clay

Water levels:

front	back
-2.80 m	3.50 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	20.00 kN//m2	20.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.00
f_{cf}	1.00	f_{cb}	1.00
$f_{\varphi f}$	1.00	$f_{\varphi b}$	1.00

Anchor:

z_A 1.90 m

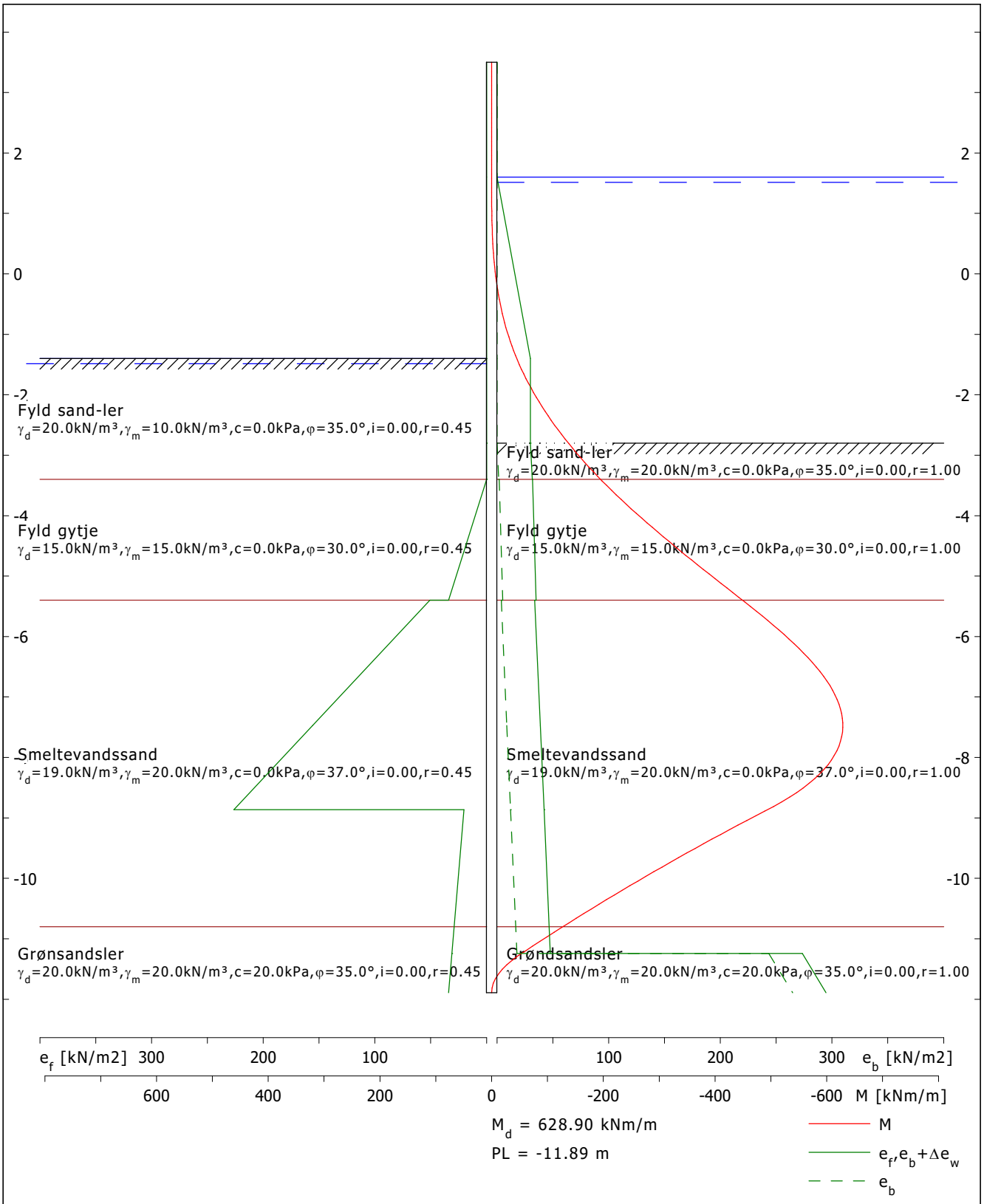
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:45
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.  35.00   0.00   0.45
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  30.00   0.00   0.45
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  37.00   0.00   0.45
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  35.00  20.00   0.45

          BACK    3.50   0.00  20.00
                                    19.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                  2.90 /            20.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  30.00   0.00   1.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  37.00   0.00   1.00
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  35.00  20.00   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -2.80,  back   3.50)        10.00           0.000  1.000  -1

          # Boundaries below encastre level are disregarded

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          UPPER GROUND AND WATER       3.50                 4.35       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER      2.90                 5.62       6.00
          ANCHOR                       1.90                 7.72      16.00
          MOMENT MAXIMUM              -2.09                16.10      55.86
          GROUND AND WATER LEVEL      -2.80       0.00     17.61      63.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -3.40       0.00     18.87      63.00
          BELOW "                     -3.40       0.00     23.68      63.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -5.40      44.05     26.32      63.00
          BELOW "                     -5.40      72.11     19.10      63.00
          ENCASTRE LEVEL              -8.135    269.33     24.34      63.00
                                      -9.259    350.37     26.50      63.00
                ENCASTRE MOMENT )     -9.26      25.84     26.50      63.00
                is   -429.98 kN )    -10.59      32.93     29.05      63.00
```

```
                                -10.593     32.93     607.15      63.00
FOOT LEVEL                      -10.853     34.31     617.62      63.00

ANCHOR FORCE............        213.13 kN/m at    1.90
MOMENT AT ANCHOR........        -13.84 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.         -2.086
MAXIMUM MOMENT..........        429.98 kN
LEVEL OF FOOT...........        -10.853

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:47:38 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Udgrav byg_Midl_ULS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Udgrav byg_Midl_ULS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 0

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Grøndsandsler

st

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-1.40	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.45	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.45	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.45	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.45	Grønsandsler

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Grøndsandsler

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-1.40	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	0.45	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	0.45	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	0.45	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	0.45	Grønsandsler

Water levels:

front	back
-1.40 m	1.60 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.20	f_{cb}	1.20
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

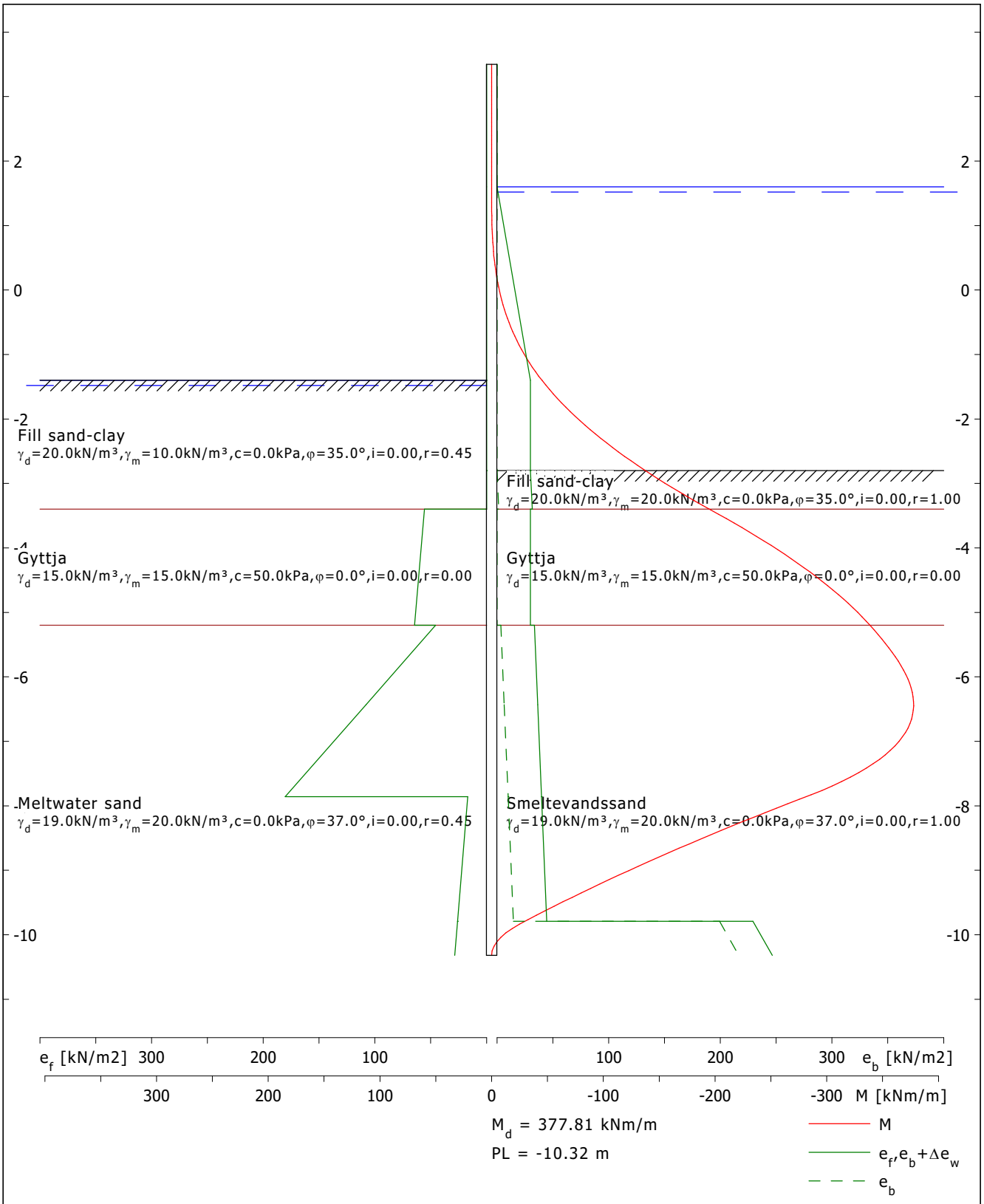
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:46
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -1.40   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.  30.26   0.00   0.45
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   0.45
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   0.45
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  30.26  16.67   0.45

          BACK   -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 / #          20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -1.40,  back   1.60)        10.00                     0 1 0

          # Boundaries below encastre level are disregarded

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m     kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP OF WALL                      3.50
          WATER LEVEL                      1.60                  0.00       0.00
          GROUND AND WATER LEVEL          -1.40       0.00       0.00      30.00
          GROUND LEVEL ON BACK            -2.80       0.00       0.00      30.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER         -3.40       0.00       1.57      30.00
          BELOW "                         -3.40       0.00       1.92      30.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER         -5.40      33.92       5.11      30.00
          BELOW "                         -5.40      50.65       3.84      30.00
          ENCASTRE LEVEL                  -7.473    155.68       8.81      30.00
                                          -8.865    226.15      12.15      30.00
                LENCASTRE MOMENT )        -8.86      20.25      12.15      30.00
                is   -628.90 kN )        -11.24      31.04      17.85      30.00
                                         -11.242     31.04     243.51      30.00
          FOOT LEVEL                     -11.891     33.98     264.74      30.00
```

*



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Udr		
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023			Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-14 11:31:05 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Udgrav byg_Midl_ULS_Udr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Udgrav byg_Midl_ULS_Udr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Udr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 0

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	50.00	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.20	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	300.00	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-1.40	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.45	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	50.00	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.20	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.45	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	300.00	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	27.78	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.20	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	166.67	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-1.40	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	0.45	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	27.78	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.20	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	0.45	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	166.67	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Water levels:

front	back
-1.40 m	1.60 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

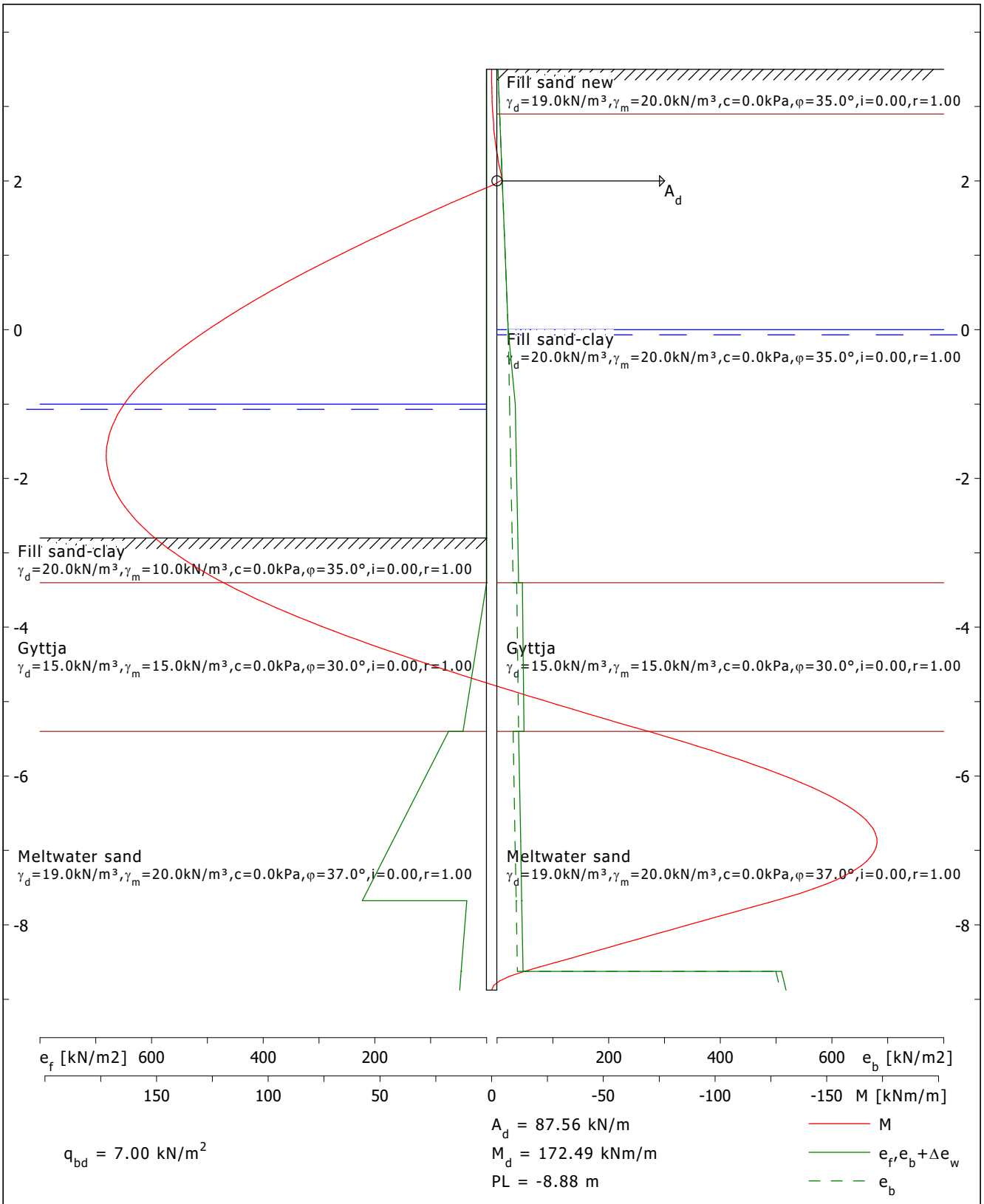
$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.80	f_{cb}	1.80
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Control Parameters:

SC

s

```
**          DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar 14 (Tue)
            PC version 7.1.k                                          at 11:28
            A112240 Trælastholmen
            Kanalvæg_Udgrav bygn_Midl_ULS_Udr
            CSJO 09-03-2023
               Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\2\spooks.plt
                  LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                       A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                       m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

            FRONT  -1.40   0.00   0.00
                                       20.00  10.00     0.  30.26   0.00   0.45
                   -3.40 /             15.00  15.00     0.   0.00  27.78   0.00
                   -5.20 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   0.45
                  -10.80 /             20.00  20.00     0.   0.00 166.67   0.00

            BACK   -2.80   0.00   0.00
                                       20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                   -3.40 /             15.00  15.00     0.   0.00  27.78   0.00
                   -5.20 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                  -10.80 /             20.00  20.00     0.   0.00 166.67   0.00

            WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
            front  -1.40,  back   1.60)        10.00                      0 1 0

                                         LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                                 PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                                 ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                             m     kN/m2      kN/m2      kN/m2

            TOP OF WALL                   3.50
            WATER LEVEL                   1.60                 0.00       0.00
            GROUND AND WATER LEVEL       -1.40       0.00      0.00      30.00
            GROUND LEVEL ON BACK         -2.80       0.00      0.00      30.00
            ABOVE BOUNDARY OF LAYER      -3.40       0.00      1.57      30.00
            BELOW "                      -3.40      55.56      0.00      30.00
            ABOVE BOUNDARY OF LAYER      -5.20      64.56      0.00      30.00
            BELOW "                      -5.20      45.59      3.60      30.00
            ENCASTRE LEVEL               -6.432    107.97      6.55      30.00
                                         -7.860    180.35      9.98      30.00
                  ENCASTRE MOMENT )      -7.86      16.87      9.98      30.00
                  is   -377.81 kN )      -9.79      26.01     14.61      30.00
                                         -9.791     26.01    199.31      30.00
            FOOT LEVEL                  -10.318     28.51    216.55      30.00

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Perm_zA=2m_ULS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:16:04 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=2m_ULS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=2m_ULS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Perm_zA=2m_ULS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Greensand clay

Water levels:

front	back
-1.00 m	0.00 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	5.00 kN//m2	7.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.20	f_{cb}	1.20
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Anchor:

z_A 2.00 m

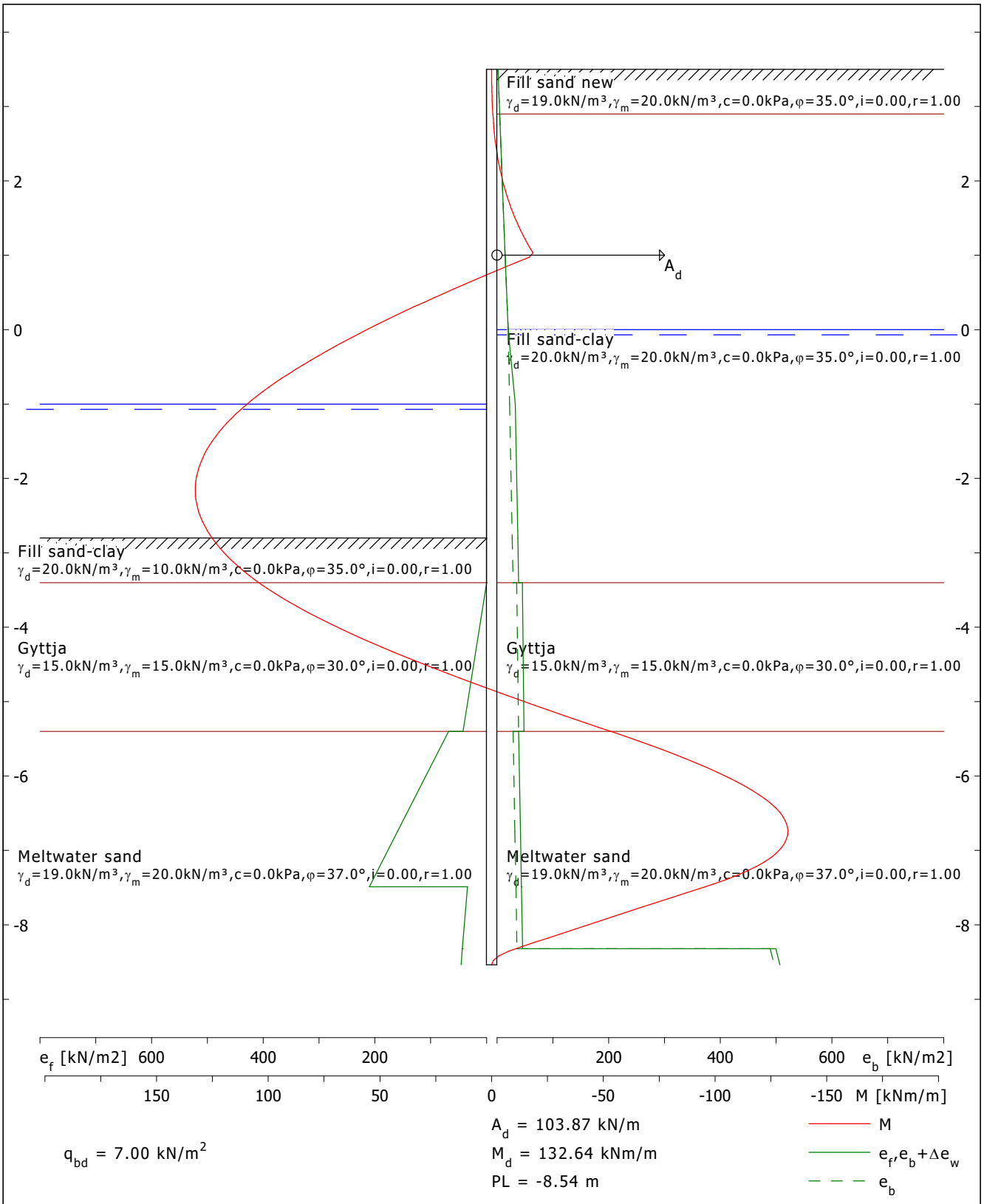
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:15
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Perm_zA=2m_ULS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                     20.00  10.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          BACK    3.50   0.00   7.00
                                     19.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                  2.90 /             20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -1.00,  back   0.00)        10.00            0.000  1.000  -1

                                       LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                               PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                               ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                           m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP WALL & UPPER GROUND        3.50                 1.89       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER        2.90                 4.87       0.00
          ANCHOR                         2.00                 9.56       0.00
          WATER LEVEL                    0.00                20.00       0.00
          WATER LEVEL                   -1.00                22.61      10.00
          MOMENT MAXIMUM                -1.69                24.42      10.00
          GROUND LEVEL ON FRONT         -2.80       0.00     27.31      10.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -3.40       0.00     28.88      10.00
          BELOW "                       -3.40       0.00     35.36      10.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -5.40      41.96     38.56      10.00
          BELOW "                       -5.40      67.92     28.94      10.00
          ENCASTRE LEVEL                -6.879    168.41     32.49      10.00
                                        -7.677    222.60     34.41      10.00
                LEVEL MOMENT )          -7.68      35.17     34.41      10.00
                is   -172.49 kN )       -8.63      45.38     36.69      10.00
```

```
                                  -8.628     45.38     499.58      10.00
FOOT LEVEL                        -8.877     48.05     507.73      10.00

ANCHOR FORCE............          87.56 kN/m at    2.00
MOMENT AT ANCHOR........          -4.95 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.          -1.691
MAXIMUM MOMENT..........         172.49 kN
LEVEL OF FOOT...........          -8.877

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Perm_zA=1m_ULS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:17:53 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=1m_ULS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=1m_ULS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Perm_zA=1m_ULS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Greensand clay

Water levels:

front	back
-1.00 m	0.00 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	5.00 kN//m2	7.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.20	f_{cb}	1.20
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Anchor:

z_A 1.00 m

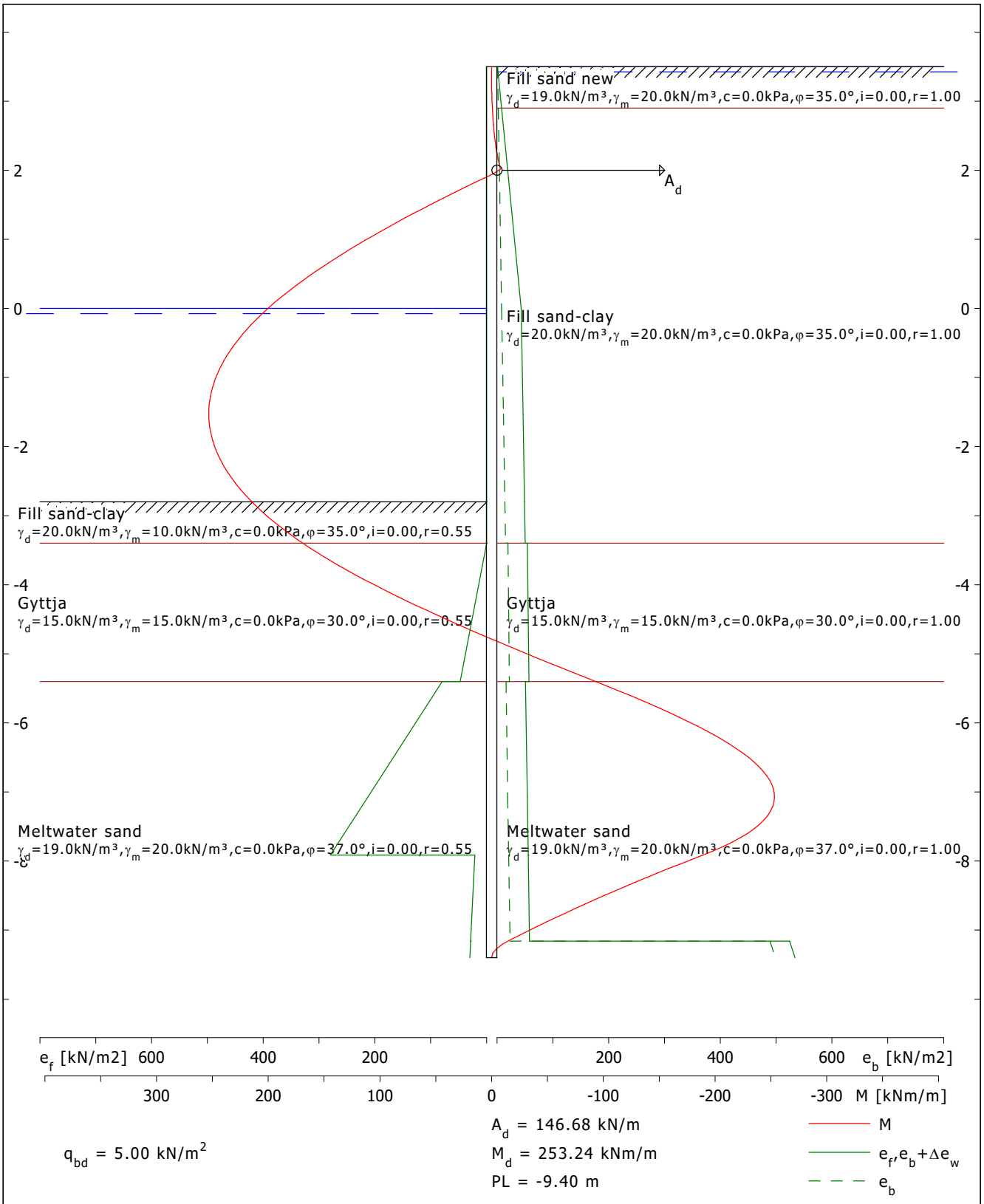
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:17
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Perm_zA=1m_ULS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                     20.00  10.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          BACK    3.50   0.00   7.00
                                     19.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                  2.90 /             20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -1.00,  back   0.00)        10.00            0.000  1.000  -1

                                       LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                               PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                               ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                           m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP WALL & UPPER GROUND        3.50                 1.89       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER        2.90                 4.87       0.00
          ANCHOR                         1.00                14.78       0.00
          WATER LEVEL                    0.00                20.00       0.00
          WATER LEVEL                   -1.00                22.61      10.00
          MOMENT MAXIMUM                -2.16                 25.63      10.00
          GROUND LEVEL ON FRONT         -2.80       0.00      27.31      10.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -3.40       0.00      28.88      10.00
          BELOW "                       -3.40       0.00      35.36      10.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -5.40      41.96      38.56      10.00
          BELOW "                       -5.40      67.92      28.94      10.00
          ENCASTRE LEVEL                -6.745    159.29      32.17      10.00
                                        -7.488    209.77      33.95      10.00
                LEVEL MOMENT )          -7.49      34.13      33.95      10.00
                is   -132.64 kN )       -8.32      43.33      35.95      10.00
```

```
                                -8.320     43.33     489.51      10.00
FOOT LEVEL                      -8.538     45.74     496.64      10.00

ANCHOR FORCE............      103.87 kN/m at    1.00
MOMENT AT ANCHOR........      -19.12 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.       -2.157
MAXIMUM MOMENT..........      132.64 kN
LEVEL OF FOOT...........       -8.538

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Perm_zA=2m_ALS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:19:09 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=2m_ALS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=2m_ALS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Perm_zA=2m_ALS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.55	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.55	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.55	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.55	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.55	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.55	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.55	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.55	Greensand clay

Water levels:

front	back
0.00 m	3.50 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	5.00 kN//m2	5.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.00
f_{cf}	1.00	f_{cb}	1.00
$f_{\varphi f}$	1.00	$f_{\varphi b}$	1.00

Anchor:

z_A 2.00 m

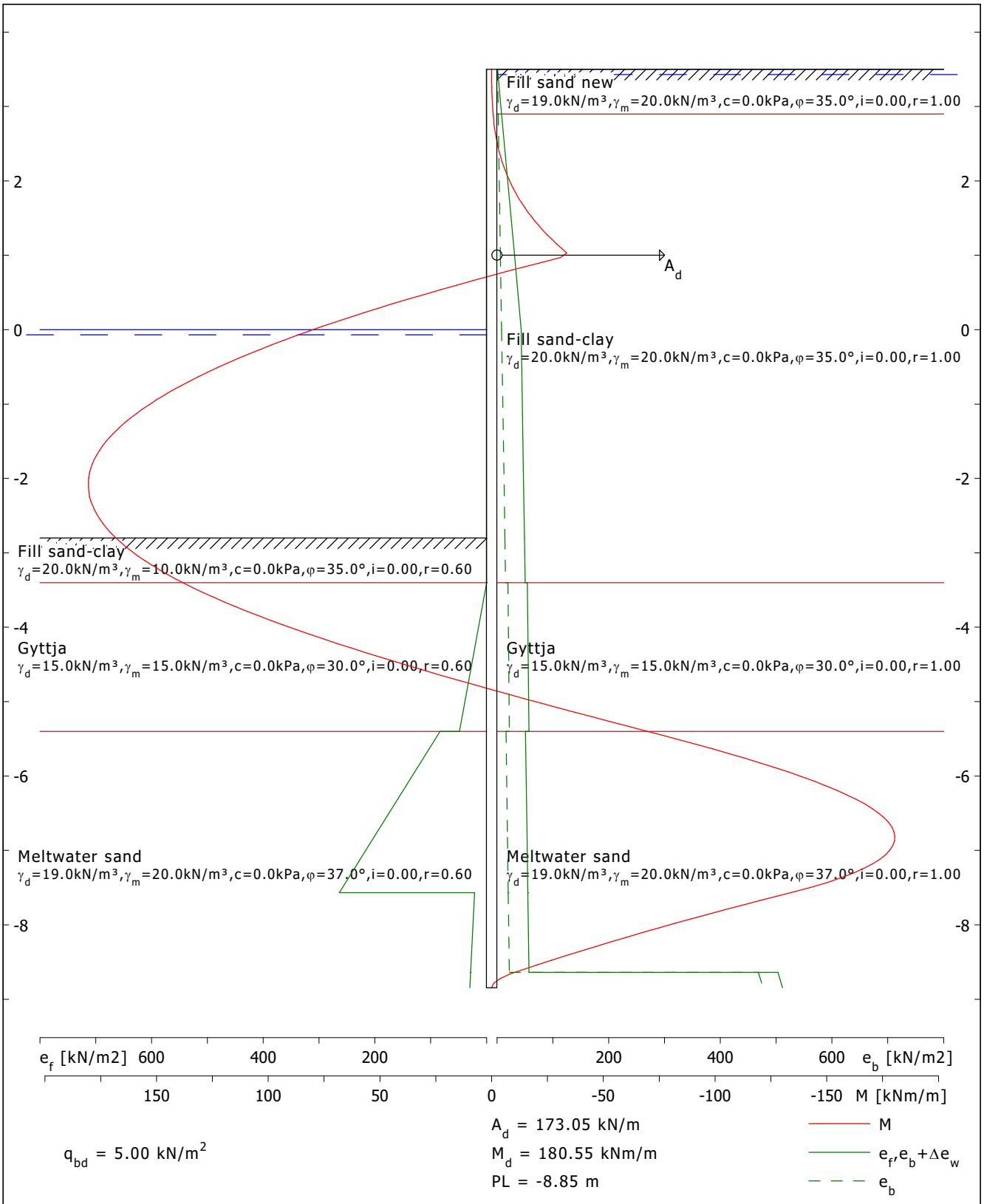
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:18
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Perm_zA=2m_ALS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                     20.00  10.00     0.  35.00   0.00   0.55
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  30.00   0.00   0.55
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  37.00   0.00   0.55
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  35.00  20.00   0.55

          BACK    3.50   0.00   5.00
                                     19.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                  2.90 /             20.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  30.00   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  37.00   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  35.00  20.00   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front   0.00,  back   3.50)        10.00            0.000  1.000  -1

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          UPPER GROUND AND WATER       3.50                  1.09       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER      2.90                  2.35       6.00
          ANCHOR                       2.00                  4.24      15.00
          WATER LEVEL                  0.00                  8.45      35.00
          MOMENT MAXIMUM              -1.53                 11.66      35.00
          GROUND LEVEL ON FRONT       -2.80       0.00      14.34      35.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -3.40       0.00      15.60      35.00
          BELOW "                     -3.40       0.00      19.59      35.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -5.40      47.08      22.23      35.00
          BELOW "                     -5.40      79.61      16.13      35.00
          ENCASTRE LEVEL              -7.070    212.55      19.33      35.00
                                      -7.912    279.62      20.94      35.00
                LENCASTRE MOMENT )    -7.91      21.11      20.94      35.00
                is   -253.24 kN )     -9.16      28.60      23.33      35.00
                                      -9.159     28.60     489.12      35.00
```

```
FOOT LEVEL                    -9.400     30.05     498.83      35.00

ANCHOR FORCE............     146.68 kN/m at    2.00
MOMENT AT ANCHOR........      -8.03 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.      -1.525
MAXIMUM MOMENT..........     253.24 kN
LEVEL OF FOOT...........      -9.400

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Kanalvæg_Perm_zA=1m_ALS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:20:54 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=1m_ALS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost 06-07, 31-32_Perm_zA=1m_ALS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Kanalvæg_Perm_zA=1m_ALS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 1 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.60	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.60	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.60	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.60	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.60	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.60	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.60	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.60	Greensand clay

Water levels:

front	back
0.00 m	3.50 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	5.00 kN//m2	5.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.00
f_{cf}	1.00	f_{cb}	1.00
$f_{\varphi f}$	1.00	$f_{\varphi b}$	1.00

Anchor:

z_A 1.00 m

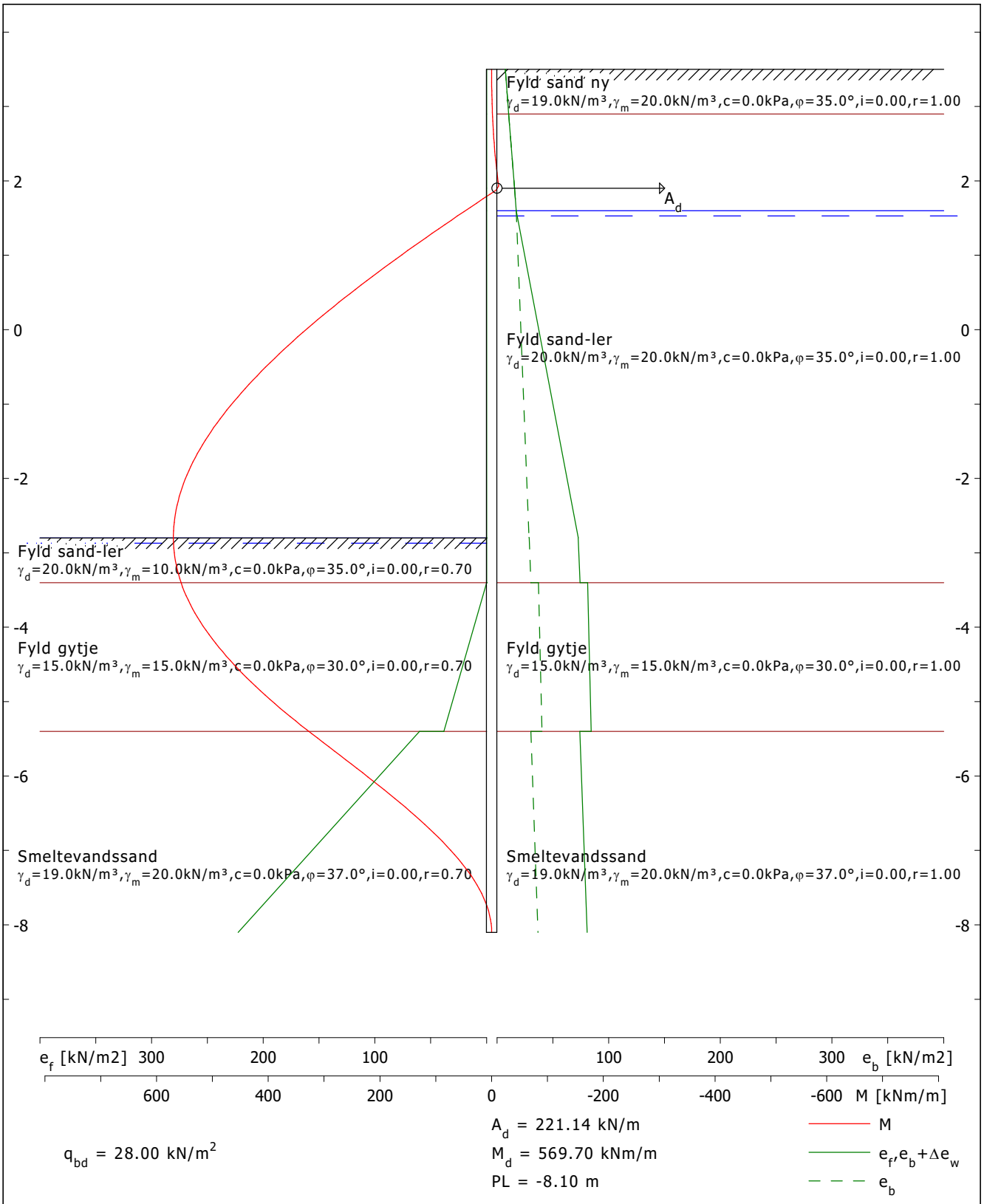
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:20
          A112240 Trælastholmen
          Kanalvæg_Perm_zA=1m_ALS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                     20.00  10.00     0.  35.00   0.00   0.60
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  30.00   0.00   0.60
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  37.00   0.00   0.60
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  35.00  20.00   0.60

          BACK    3.50   0.00   5.00
                                     19.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                  2.90 /             20.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                 -3.40 /             15.00  15.00     0.  30.00   0.00   1.00
                 -5.40 /             19.00  20.00     0.  37.00   0.00   1.00
                -10.80 /             20.00  20.00     0.  35.00  20.00   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front   0.00,  back   3.50)        10.00            0.000  1.000  -1

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          UPPER GROUND AND WATER       3.50                  1.09       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER      2.90                  2.35       6.00
          ANCHOR                       1.00                  6.35      25.00
          WATER LEVEL                  0.00                  8.45      35.00
          MOMENT MAXIMUM              -2.08                 12.83      35.00
          GROUND LEVEL ON FRONT       -2.80       0.00      14.34      35.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -3.40       0.00      15.60      35.00
          BELOW "                     -3.40       0.00      19.59      35.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER     -5.40      48.53      22.23      35.00
          BELOW "                     -5.40      83.23      16.13      35.00
          ENCASTRE LEVEL              -6.823    201.70      18.86      35.00
                                      -7.568    263.72      20.28      35.00
                LENCASTRE MOMENT )    -7.57      21.22      20.28      35.00
                is   -180.55 kN )     -8.64      28.40      22.34      35.00
                                      -8.640     28.40     468.25      35.00
```

```
FOOT LEVEL                    -8.847     29.79     476.58      35.00

ANCHOR FORCE............     173.05 kN/m at    1.00
MOMENT AT ANCHOR........     -34.92 kN
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.      -2.084
MAXIMUM MOMENT..........     180.55 kN
LEVEL OF FOOT...........      -8.847

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Tværskot_Midl_ULS_Dr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:53:07 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ULS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Tværskot_Midl_ULS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 0 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand ny
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Grøndsandsler

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.70	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.70	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.70	Smeltevandssand

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fyld sand ny
2.90	20.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	16.67	30.26	0.00	1.00	Grøndsandsler

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	30.26	0.00	0.70	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	25.69	0.00	0.70	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	0.70	Smeltevandssand

Water levels:

front	back
-2.80 m	1.60 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	20.00 kN//m2	28.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.20	f_{cb}	1.20
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Anchor:

z_A 1.90 m

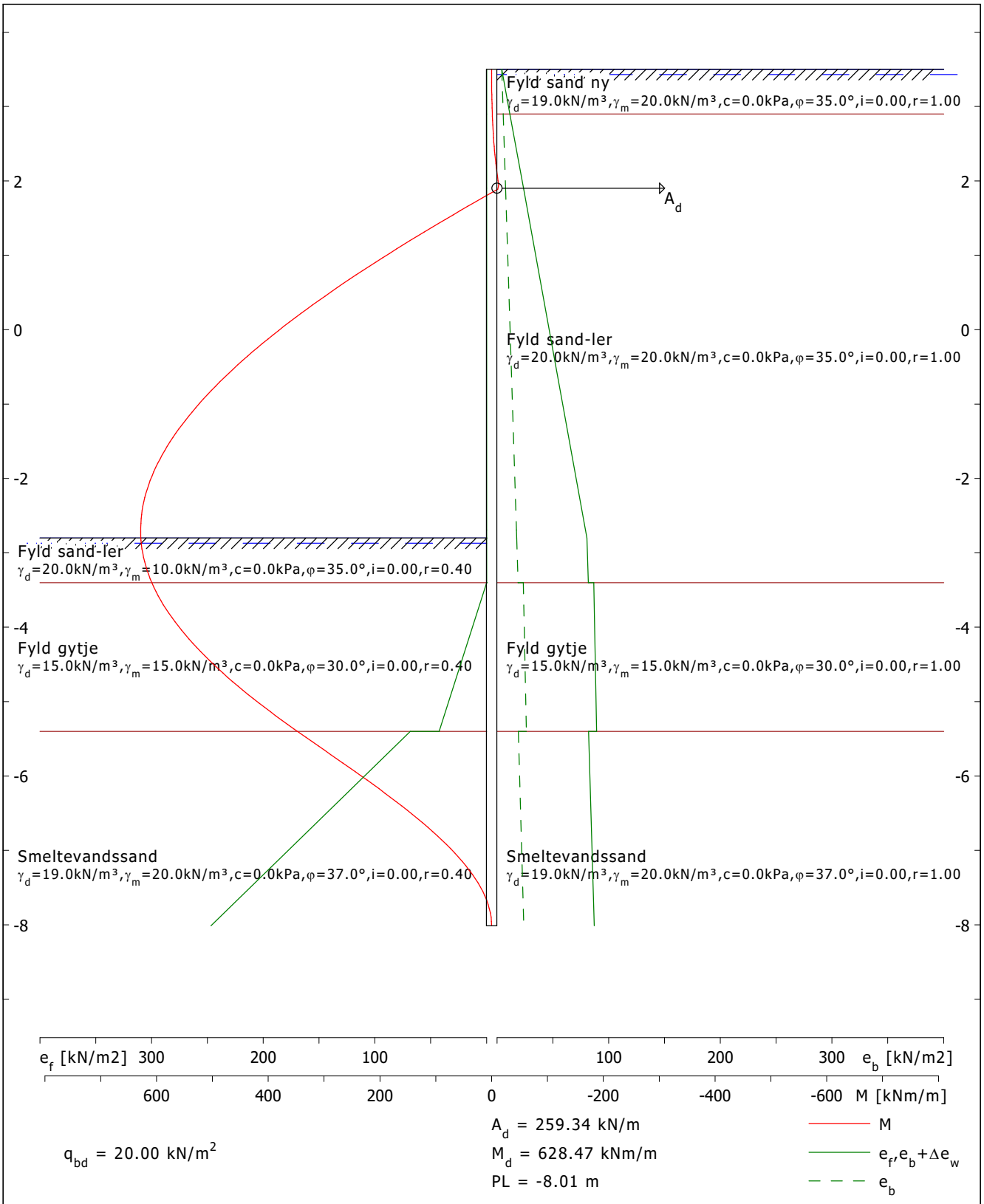
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:52
          A112240 Trælastholmen
          Tværskot_Midl_ULS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.  30.26   0.00   0.70
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   0.70
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   0.70

          BACK    3.50   0.00  28.00
                                    19.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                  2.90 /            20.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  25.69   0.00   1.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /            20.00  20.00     0.  30.26  16.67   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -2.80,  back   1.60)        10.00            0.000  0.000  -1

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m     kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP WALL & UPPER GROUND        3.50                 7.56       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER        2.90                10.54       0.00
          ANCHOR                         1.90                15.76       0.00
          WATER LEVEL                    1.60                17.32       0.00
          MOMENT MAXIMUM                -2.79                28.78      43.91
          GROUND AND WATER LEVEL        -2.80       0.00     28.81      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -3.40       0.00     30.37      44.00
          BELOW "                       -3.40       0.00     37.18      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -5.40      38.16     40.37      44.00
          BELOW "                       -5.40      60.12     30.32      44.00
          FOOT OF WALL                  -8.101    222.51     36.80      44.00

          ANCHOR FORCE............     221.14 kN/m at    1.90
          MOMENT AT ANCHOR........     -13.11 kN
          LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.      -2.791
          MAXIMUM MOMENT..........     569.70 kN
```

```
LEVEL OF FOOT...........      -8.101

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Tværskot_Midl_ALS_Dr		
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023			Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report	Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:54:37 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ALS_Dr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Tværskot_Midl_ALS_Dr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 0 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand ny
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Grøndsandsler

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.40	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.40	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.40	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.40	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand ny
2.90	20.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	1.00	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	1.00	Grøndsandsler

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	0.00	35.00	0.00	0.40	Fyld sand-ler
-3.40	15.00	15.00	0.00	30.00	0.00	0.40	Fyld gytje
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.40	Smeltevandssand
-10.80	20.00	20.00	20.00	35.00	0.00	0.40	Greensand clay

Water levels:

front	back
-2.80 m	3.50 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	20.00 kN//m2	20.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.00
f_{cf}	1.00	f_{cb}	1.00
$f_{\varphi f}$	1.00	$f_{\varphi b}$	1.00

Anchor:

z_A 1.90 m

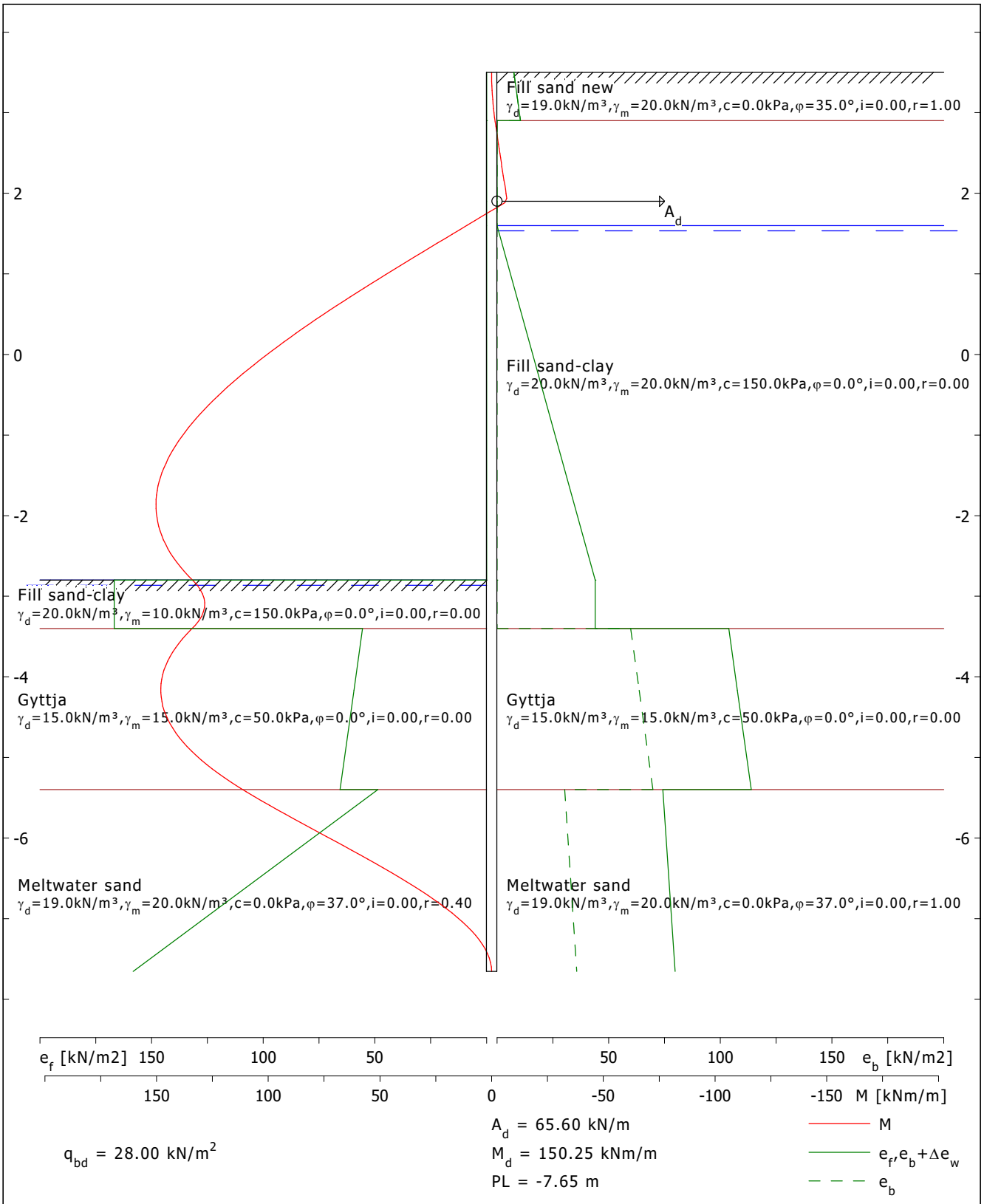
Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:54
          A112240 Trælastholmen
          Tværskot_Midl_ALS_Dr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.  35.00   0.00   0.40
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  30.00   0.00   0.40
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  37.00   0.00   0.40
                -10.80 /            20.00  20.00     0.  35.00  20.00   0.40

          BACK    3.50   0.00  20.00
                                    19.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                  2.90 /            20.00  20.00     0.  35.00   0.00   1.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.  30.00   0.00   1.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  37.00   0.00   1.00
                -10.80 /            20.00  20.00     0.  35.00  20.00   1.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -2.80,  back   3.50)        10.00            0.000  0.000  -1

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          UPPER GROUND AND WATER         3.50                 4.35       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER        2.90                 5.62       6.00
          ANCHOR                         1.90                 7.72      16.00
          MOMENT MAXIMUM                -2.70                17.39      61.96
          GROUND AND WATER LEVEL        -2.80       0.00     17.61      63.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -3.40       0.00     18.87      63.00
          BELOW "                       -3.40       0.00     23.68      63.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER       -5.40      42.49     26.32      63.00
          BELOW "                       -5.40      68.31     19.10      63.00
          FOOT OF WALL                  -8.013    246.77     24.11      63.00

          ANCHOR FORCE............     259.34 kN/m at    1.90
          MOMENT AT ANCHOR........     -13.84 kN
          LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.      -2.696
          MAXIMUM MOMENT..........     628.47 kN
```

```
LEVEL OF FOOT...........      -8.013

*
```



COWI

Job: A112240 Trælastholmen

Prepared	: CSJO	Date : 09-03-2023	Subject: Tværskot_Midl_ULS_Udr	
Checked	: THAD	Date : 09-03-2023		Page 1/5
Approved	: CSJO	Date : 09-03-2023	Report Enclosure	Rev.

2023-03-09 13:56:15 C:\Users\TEMP\Desktop\Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ULS_Udr.spooks

Project Data:

File name:	Frokost Skot_Udgrav kanal_Midl_ULS_Udr.spooks
Project:	A112240 Trælastholmen
Subject:	Tværskot_Midl_ULS_Udr
Executed:	CSJO
Date:	09-03-2023

Unit weight of water:

Characteristic	Design
10.00	10.00

Failure mode:

0 0 -1

Top of Wall 3.50 m

Stratification on back side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	35.00	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	150.00	0.00	0.00	0.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	50.00	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	300.00	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, characteristic values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	150.00	0.00	0.00	0.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	50.00	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	37.00	0.00	0.40	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	300.00	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on back side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
3.50	19.00	20.00	0.00	30.26	0.00	1.00	Fill sand new
2.90	20.00	20.00	83.33	0.00	0.00	0.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	27.78	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	1.00	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	166.67	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Stratification on front side of wall, design values:

z	γ_d	γ_m	c	φ			
m	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	deg.	i	r	Desc.
-2.80	20.00	10.00	83.33	0.00	0.00	0.00	Fill sand-clay
-3.40	15.00	15.00	27.78	0.00	0.00	0.00	Gyttja
-5.40	19.00	20.00	0.00	32.13	0.00	0.40	Meltwater sand
-10.80	20.00	20.00	166.67	0.00	0.00	0.00	Greensand clay

Water levels:

front	back
-2.80 m	1.60 m

Loads:

	Characteristic	Design
q_f	0.00 kN//m2	0.00 kN//m2
q_b	20.00 kN//m2	28.00 kN//m2
z_r		3.50 m

Partial factores of safty:

$f_{\gamma f}$	1.00	$f_{\gamma b}$	1.00
f_{wat}	1.00		
f_{qf}	1.00	f_{qb}	1.40
f_{cf}	1.80	f_{cb}	1.80
$f_{\varphi f}$	1.20	$f_{\varphi b}$	1.20

Anchor:

z_A 1.90 m

Control Parameters:

SC

s

```
**        DGI Bulkhead Program          Rev 960812, used on 2023, Mar  9 (Thu)
          PC version 7.1.k                                          at 13:55
          A112240 Trælastholmen
          Tværskot_Midl_ULS_Udr
          CSJO 09-03-2023
            Input no name, plot C:\Users\TEMP\AppData\Local\Temp\11\spooks.plt
                LEVEL   BETA      P  GAMMA  GAMMA   GRA-     PHI     C  ROUGH
                                     A.GWL  B.GWL   DIENT               -NESS
                     m    deg  kN/m2         kN/m3           deg  kN/m2

          FRONT  -2.80   0.00   0.00
                                    20.00  10.00     0.   0.00  83.33   0.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.   0.00  27.78   0.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   0.40
                -10.80 /            20.00  20.00     0.   0.00 166.67   0.00

          BACK    3.50   0.00  28.00
                                    19.00  20.00     0.  30.26   0.00   1.00
                  2.90 /            20.00  20.00     0.   0.00  83.33   0.00
                 -3.40 /            15.00  15.00     0.   0.00  27.78   0.00
                 -5.40 /            19.00  20.00     0.  32.13   0.00   1.00
                -10.80 /            20.00  20.00     0.   0.00 166.67   0.00

          WATER (levels :                                     FAILURE MODE :
          front  -2.80,  back   1.60)        10.00            0.000  0.000  -1

                                      LEVEL      EARTH      EARTH   DIFFRNTL
                                              PRESSURE   PRESSURE  WATER PRS
                                              ON FRONT    ON BACK    ON BACK
                                          m      kN/m2      kN/m2      kN/m2

          TOP WALL & UPPER GROUND          3.50                 7.56       0.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER          2.90                10.54       0.00
          BELOW "                          2.90                 0.00       0.00
          ANCHOR                           1.90                 0.00       0.00
          WATER LEVEL                      1.60                 0.00       0.00
          GROUND AND WATER LEVEL          -2.80     166.66      0.00      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER         -3.40     166.66      0.00      44.00
          BELOW "                         -3.40      55.56     59.84      44.00
          MOMENT MAXIMUM                  -4.17      59.39     63.67      44.00
          ABOVE BOUNDARY OF LAYER         -5.40      65.56     69.84      44.00
          BELOW "                         -5.40      48.63     30.32      44.00
          FOOT OF WALL                    -7.655    158.27     35.73      44.00

          ANCHOR FORCE............        65.60 kN/m at    1.90
          MOMENT AT ANCHOR........        -6.97 kN
```

```
LEVEL OF MAXIMUM MOMENT.      -4.166
MAXIMUM MOMENT..........     148.13 kN
LEVEL OF FOOT...........      -7.655
LARGEST MOMENT..........     150.25 kN,  at  -1.85

*
```

BILAG B

LODRET LIGEVÆGT

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ULS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	7,56	10,54	3,50	2,90	5	1,00	30,3	0,0	3,2
2	10,54	15,76	2,90	1,90	13	1,00	30,3	0,0	7,7
3	15,76	17,32	1,90	1,60	5	1,00	30,3	0,0	2,9
4	17,32	27,30	1,60	-2,22	85	1,00	30,3	0,0	49,7
5	27,30	28,81	-2,22	-2,80	16	1,00	30,3	0,0	9,5
6	28,81	30,37	-2,80	-3,40	18	1,00	30,3	0,0	10,4
7	30,37	37,18	-3,40	-3,40	0	1,00	25,7	0,0	0,0
8	37,18	40,37	-3,40	-5,40	78	1,00	25,7	0,0	37,3
9	40,37	30,32	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
10	30,32	37,43	-5,40	-8,36	100	1,00	32,1	0,0	63,1
11	37,43	40,30	-8,36	-9,56	47	1,00	32,1	0,0	29,2
12	40,30	40,30	-9,56	-9,56	0	1,00	32,1	0,0	0,0
13	40,30	43,10	-9,56	-10,73	49	1,00	32,1	0,0	30,6
14	43,10	584,66	-10,73	-10,73	-1	1,00	32,1	0,0	-0,4
15	584,66	594,90	-10,73	-11,04	185	1,00	32,1	0,0	115,9
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	16,7	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**359**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ULS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

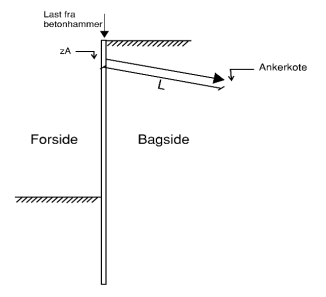
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	38,16	-3,40	-5,40	38	0,70	25,7	0,0	12,8
9	38,16	60,12	-5,40	-5,40	0	0,70	32,1	0,0	0,0
10	60,12	238,28	-5,40	-8,36	442	0,70	32,1	0,0	194,4
11	238,28	310,27	-8,36	-9,56	328	0,70	32,1	0,0	144,3
12	310,27	40,77	-9,56	-9,56	0	0,70	32,1	0,0	-0,1
13	40,77	49,99	-9,56	-10,73	53	0,70	32,1	0,0	23,3
14	49,99	49,99	-10,73	-10,73	0	0,70	32,1	0,0	0,0
15	49,99	52,46	-10,73	-11,04	16	0,70	32,1	0,0	7,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**382**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-11,0	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**20**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 379 kN/m

ΣF= -3 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 382 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ALS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	4,35	5,62	3,50	2,90	3	1,00	35,0	0,0	2,1
2	5,62	7,72	2,90	1,90	7	1,00	35,0	0,0	4,7
3	7,72	16,10	1,90	-2,09	48	1,00	35,0	0,0	33,3
4	16,10	17,61	-2,09	-2,80	12	1,00	35,0	0,0	8,4
5	17,61	18,87	-2,80	-3,40	11	1,00	35,0	0,0	7,7
6	18,87	23,68	-3,40	-3,40	0	1,00	30,0	0,0	0,0
7	23,68	26,32	-3,40	-5,40	50	1,00	30,0	0,0	28,9
8	26,32	19,10	-5,40	-5,40	0	1,00	37,0	0,0	0,0
9	19,10	24,34	-5,40	-8,14	59	1,00	37,0	0,0	44,8
10	24,34	26,50	-8,14	-9,26	29	1,00	37,0	0,0	21,5
11	26,50	26,50	-9,26	-9,26	0	1,00	37,0	0,0	0,0
12	26,50	29,05	-9,26	-10,59	37	1,00	37,0	0,0	27,8
13	29,05	607,15	-10,59	-10,59	1	1,00	37,0	0,0	0,7
14	607,15	617,62	-10,59	-10,85	159	1,00	37,0	0,0	120,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	20,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**300**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ALS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

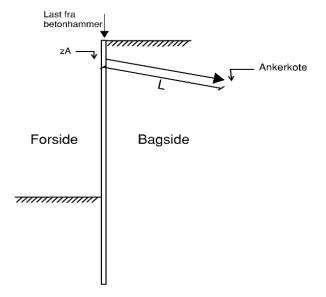
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	44,05	-3,40	-5,40	44	0,45	30,0	0,0	11,4
8	44,05	72,11	-5,40	-5,40	0	0,45	37,0	0,0	0,0
9	72,11	269,33	-5,40	-8,14	467	0,45	37,0	0,0	158,3
10	269,33	350,37	-8,14	-9,26	348	0,45	37,0	0,0	118,1
11	350,37	25,84	-9,26	-9,26	0	0,45	37,0	0,0	0,1
12	25,84	32,93	-9,26	-10,59	39	0,45	37,0	0,0	13,3
13	32,93	32,93	-10,59	-10,59	0	0,45	37,0	0,0	0,0
14	32,93	34,31	-10,59	-10,85	9	0,45	37,0	0,0	3,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**304**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-10,9	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**19**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 319 kN/m

ΣF= 15 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 304 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Udgrav bygn, Midl, ULS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) | **Output fra:** **SPOOKS**

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) **Terræn Kt.** -2,8

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	3,50	1,60	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	1,60	-1,40	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	-1,40	-2,80	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	1,57	-2,80	-3,40	0	1,00	30,3	0,0	0,3
5	1,57	1,92	-3,40	-3,40	0	1,00	25,7	0,0	0,0
6	1,92	5,11	-3,40	-5,40	7	1,00	25,7	0,0	3,4
7	5,11	3,84	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
8	3,84	8,81	-5,40	-7,47	13	1,00	32,1	0,0	8,2
9	8,81	12,15	-7,47	-8,87	15	1,00	32,1	0,0	9,2
10	12,15	12,15	-8,87	-8,86	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	12,15	17,85	-8,86	-11,24	36	1,00	32,1	0,0	22,4
12	17,85	243,51	-11,24	-11,24	0	1,00	30,3	16,7	0,2
13	243,51	264,74	-11,24	-11,89	165	1,00	30,3	16,7	107,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	16,7	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**151**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Udgrav bygn, Midl, ULS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

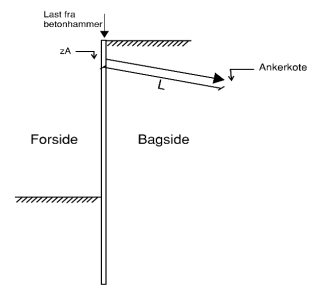
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -1,40

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	33,92	-3,40	-5,40	34	0,45	25,7	0,0	7,3
7	33,92	50,65	-5,40	-5,40	0	0,45	32,1	0,0	0,0
8	50,65	155,68	-5,40	-7,47	214	0,45	32,1	0,0	60,4
9	155,68	226,15	-7,47	-8,87	266	0,45	32,1	0,0	75,1
10	226,15	20,25	-8,87	-8,86	-1	0,45	32,1	0,0	-0,2
11	20,25	31,04	-8,86	-11,24	61	0,45	32,1	0,0	17,2
12	31,04	31,04	-11,24	-11,24	0	0,45	30,3	16,7	0,0
13	31,04	33,98	-11,24	-11,89	21	0,45	30,3	16,7	10,4
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**170**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-11,9	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**21**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 171 kN/m

ΣF↑ = 170 kN/m

ΣF= 1 kN/m (Pos ned)

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ULS, Udr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) | **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) **Terræn Kt.** -2,8

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	3,50	1,60	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	1,60	-1,40	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	-1,40	-2,80	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	1,57	-2,80	-3,40	0	1,00	30,3	0,0	0,3
5	0,00	0,00	-3,40	-3,40	0	0,00	0,0	41,7	0,0
6	0,00	0,00	-3,40	-5,20	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	3,60	-5,20	-5,20	0	1,00	32,1	0,0	0,0
8	3,60	3,83	-5,20	-5,30	0	1,00	32,1	0,0	0,2
9	3,83	8,43	-5,30	-7,21	12	1,00	32,1	0,0	7,4
10	8,43	8,43	-7,21	-7,21	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	8,43	12,70	-7,21	-9,00	19	1,00	32,1	0,0	11,9
12	12,70	173,28	-9,00	-9,00	0	1,00	32,1	0,0	-0,2
13	173,28	189,20	-9,00	-9,48	88	1,00	32,1	0,0	55,3
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**75**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Udgrav kanal, Midl, ULS, Udr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

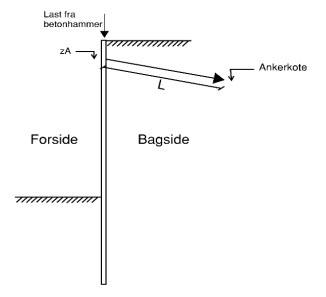
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -1,40

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	83,34	-3,40	-3,40	0	0,00	0,0	41,7	0,0
6	83,34	92,34	-3,40	-5,20	158	0,00	0,0	0,0	0,0
7	92,34	45,59	-5,20	-5,20	0	0,45	32,1	0,0	0,0
8	45,59	50,40	-5,20	-5,30	5	0,45	32,1	0,0	1,3
9	50,40	147,57	-5,30	-7,21	190	0,45	32,1	0,0	53,7
10	147,57	17,28	-7,21	-7,21	0	0,45	32,1	0,0	-0,1
11	17,28	27,86	-7,21	-9,00	40	0,45	32,1	0,0	11,4
12	27,86	27,86	-9,00	-9,00	0	0,45	32,1	0,0	0,0
13	27,86	30,74	-9,00	-9,48	14	0,45	32,1	0,0	4,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**70**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-9,5	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**17**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 92 kN/m

ΣF= 22 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 70 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=2m, ULS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	1,89	4,87	3,50	2,90	2	1,00	30,3	0,0	1,2
2	4,87	9,56	2,90	2,00	6	1,00	30,3	0,0	3,8
3	9,56	20,00	2,00	0,00	30	1,00	30,3	0,0	17,2
4	20,00	22,61	0,00	-1,00	21	1,00	30,3	0,0	12,4
5	22,61	24,42	-1,00	-1,69	16	1,00	30,3	0,0	9,5
6	24,42	27,31	-1,69	-2,80	29	1,00	30,3	0,0	16,7
7	27,31	28,88	-2,80	-3,40	17	1,00	30,3	0,0	9,8
8	28,88	35,36	-3,40	-3,40	0	1,00	25,7	0,0	0,0
9	35,36	38,56	-3,40	-5,40	74	1,00	25,7	0,0	35,6
10	38,56	28,94	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	28,94	32,49	-5,40	-6,88	45	1,00	32,1	0,0	28,5
12	32,49	34,41	-6,88	-7,68	27	1,00	32,1	0,0	16,8
13	34,41	34,41	-7,68	-7,68	0	1,00	32,1	0,0	0,1
14	34,41	36,69	-7,68	-8,63	34	1,00	32,1	0,0	21,2
15	36,69	499,58	-8,63	-8,63	-1	1,00	32,1	0,0	-0,3
16	499,58	507,73	-8,63	-8,88	125	1,00	32,1	0,0	78,8
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**251**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=2m, ULS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

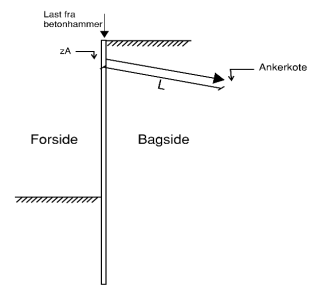
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
9	0,00	41,96	-3,40	-5,40	42	1,00	25,7	0,0	20,2
10	41,96	67,92	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	67,92	168,41	-5,40	-6,88	175	1,00	32,1	0,0	109,8
12	168,41	222,60	-6,88	-7,68	156	1,00	32,1	0,0	98,0
13	222,60	35,17	-7,68	-7,68	0	1,00	32,1	0,0	0,2
14	35,17	45,38	-7,68	-8,63	38	1,00	32,1	0,0	24,0
15	45,38	45,38	-8,63	-8,63	0	1,00	32,1	0,0	-0,1
16	45,38	48,05	-8,63	-8,88	12	1,00	32,1	0,0	7,3
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**259**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-8,9	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**17**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 268 kN/m

ΣF= 8 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 259 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=1m, ULS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) | **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) | **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	1,89	4,87	3,50	2,90	2	1,00	30,3	0,0	1,2
2	4,87	14,78	2,90	1,00	19	1,00	30,3	0,0	10,9
3	14,78	20,00	1,00	0,00	17	1,00	30,3	0,0	10,1
4	20,00	22,61	0,00	-1,00	21	1,00	30,3	0,0	12,4
5	22,61	25,63	-1,00	-2,16	28	1,00	30,3	0,0	16,3
6	25,63	27,31	-2,16	-2,80	17	1,00	30,3	0,0	9,9
7	27,31	28,88	-2,80	-3,40	17	1,00	30,3	0,0	9,8
8	28,88	35,36	-3,40	-3,40	0	1,00	25,7	0,0	0,0
9	35,36	38,56	-3,40	-5,40	74	1,00	25,7	0,0	35,6
10	38,56	28,94	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	28,94	32,17	-5,40	-6,75	41	1,00	32,1	0,0	25,8
12	32,17	33,95	-6,75	-7,49	25	1,00	32,1	0,0	15,4
13	33,95	33,95	-7,49	-7,49	0	1,00	32,1	0,0	0,0
14	33,95	35,95	-7,49	-8,32	29	1,00	32,1	0,0	18,2
15	35,95	489,51	-8,32	-8,32	0	1,00	32,1	0,0	0,0
16	489,51	496,64	-8,32	-8,54	107	1,00	32,1	0,0	67,5
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**233**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=1m, ULS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

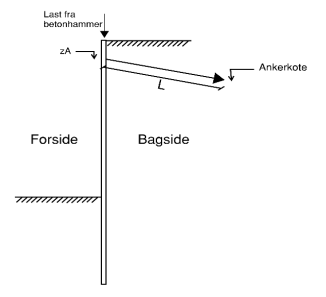
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
9	0,00	41,96	-3,40	-5,40	42	1,00	25,7	0,0	20,2
10	41,96	67,92	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	67,92	159,29	-5,40	-6,75	153	1,00	32,1	0,0	96,0
12	159,29	209,77	-6,75	-7,49	137	1,00	32,1	0,0	86,1
13	209,77	34,13	-7,49	-7,49	0	1,00	32,1	0,0	0,2
14	34,13	43,33	-7,49	-8,32	32	1,00	32,1	0,0	20,2
15	43,33	43,33	-8,32	-8,32	0	1,00	32,1	0,0	0,0
16	43,33	45,74	-8,32	-8,54	10	1,00	32,1	0,0	6,1
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**229**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5
Spidskote af spuns, m	-8,5
Vægt af spuns, kg/m²	137,0
Egenvægt af spuns, kN/m	**16**

Type:

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 249 kN/m

ΣF= 21 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 229 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=2m, ALS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	1,09	2,35	3,50	2,90	1	1,00	35,0	0,0	0,7
2	2,35	4,24	2,90	2,00	3	1,00	35,0	0,0	2,1
3	4,24	8,45	2,00	0,00	13	1,00	35,0	0,0	8,9
4	8,45	11,66	0,00	-1,53	15	1,00	35,0	0,0	10,8
5	11,66	14,34	-1,53	-2,80	17	1,00	35,0	0,0	11,6
6	14,34	15,60	-2,80	-3,40	9	1,00	35,0	0,0	6,3
7	15,60	19,59	-3,40	-3,40	0	1,00	30,0	0,0	0,0
8	19,59	22,23	-3,40	-5,40	42	1,00	30,0	0,0	24,1
9	22,23	16,13	-5,40	-5,40	0	1,00	37,0	0,0	0,0
10	16,13	19,33	-5,40	-7,07	30	1,00	37,0	0,0	22,3
11	19,33	20,94	-7,07	-7,91	17	1,00	37,0	0,0	12,8
12	20,94	20,94	-7,91	-7,91	0	1,00	37,0	0,0	0,0
13	20,94	23,33	-7,91	-9,16	28	1,00	37,0	0,0	20,8
14	23,33	489,12	-9,16	-9,16	0	1,00	37,0	0,0	-0,2
15	489,12	498,83	-9,16	-9,40	119	1,00	37,0	0,0	89,7
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**210**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=2m, ALS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

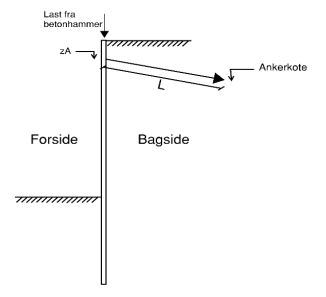
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	47,08	-3,40	-5,40	47	0,55	30,0	0,0	14,9
9	47,08	79,61	-5,40	-5,40	0	0,55	37,0	0,0	0,0
10	79,61	212,55	-5,40	-7,07	244	0,55	37,0	0,0	101,1
11	212,55	279,62	-7,07	-7,91	207	0,55	37,0	0,0	85,9
12	279,62	21,11	-7,91	-7,91	0	0,55	37,0	0,0	-0,1
13	21,11	28,60	-7,91	-9,16	31	0,55	37,0	0,0	12,9
14	28,60	28,60	-9,16	-9,16	0	0,55	37,0	0,0	0,0
15	28,60	30,05	-9,16	-9,40	7	0,55	37,0	0,0	2,9
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**218**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-9,4	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**17**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 227 kN/m

ΣF↑ = 218 kN/m

ΣF= 10 kN/m (Pos ned)

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=1m, ALS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	1,09	2,35	3,50	2,90	1	1,00	35,0	0,0	0,7
2	2,35	6,35	2,90	1,00	8	1,00	35,0	0,0	5,8
3	6,35	8,45	1,00	0,00	7	1,00	35,0	0,0	5,2
4	8,45	12,83	0,00	-2,08	22	1,00	35,0	0,0	15,5
5	12,83	14,34	-2,08	-2,80	10	1,00	35,0	0,0	6,8
6	14,34	15,60	-2,80	-3,40	9	1,00	35,0	0,0	6,3
7	15,60	19,59	-3,40	-3,40	0	1,00	30,0	0,0	0,0
8	19,59	22,23	-3,40	-5,40	42	1,00	30,0	0,0	24,1
9	22,23	16,13	-5,40	-5,40	0	1,00	37,0	0,0	0,0
10	16,13	18,86	-5,40	-6,82	25	1,00	37,0	0,0	18,8
11	18,86	20,28	-6,82	-7,57	15	1,00	37,0	0,0	11,0
12	20,28	20,28	-7,57	-7,57	0	1,00	37,0	0,0	0,0
13	20,28	22,34	-7,57	-8,64	23	1,00	37,0	0,0	17,2
14	22,34	468,25	-8,64	-8,64	0	1,00	37,0	0,0	0,0
15	468,25	476,58	-8,64	-8,85	98	1,00	37,0	0,0	73,7
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**185**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Kanalvæg, Perm, zA=1m, ALS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:**	THAD	**Godk.:**	CSJO

COWI
Selected Practice

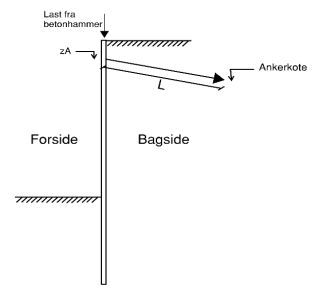
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	48,53	-3,40	-5,40	49	0,60	30,0	0,0	16,8
9	48,53	83,23	-5,40	-5,40	0	0,60	37,0	0,0	0,0
10	83,23	201,70	-5,40	-6,82	203	0,60	37,0	0,0	91,7
11	201,70	263,72	-6,82	-7,57	173	0,60	37,0	0,0	78,4
12	263,72	21,22	-7,57	-7,57	0	0,60	37,0	0,0	0,1
13	21,22	28,40	-7,57	-8,64	27	0,60	37,0	0,0	12,0
14	28,40	28,40	-8,64	-8,64	0	0,60	37,0	0,0	0,0
15	28,40	29,79	-8,64	-8,85	6	0,60	37,0	0,0	2,7
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**202**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-8,8	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	137,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**17**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 202 kN/m

ΣF= 0 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 202 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Tværskot, ULS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) | **Output fra:** | **SPOOKS**

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	7,56	10,54	3,50	2,90	5	1,00	30,3	0,0	3,2
2	10,54	15,76	2,90	1,90	13	1,00	30,3	0,0	7,7
3	15,76	17,32	1,90	1,60	5	1,00	30,3	0,0	2,9
4	17,32	28,78	1,60	-2,79	101	1,00	30,3	0,0	59,0
5	28,78	28,81	-2,79	-2,80	0	1,00	30,3	0,0	0,2
6	28,81	30,37	-2,80	-3,40	18	1,00	30,3	0,0	10,4
7	30,37	37,18	-3,40	-3,40	0	1,00	25,7	0,0	0,0
8	37,18	40,37	-3,40	-5,40	78	1,00	25,7	0,0	37,3
9	40,37	30,32	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
10	30,32	36,80	-5,40	-8,10	91	1,00	32,1	0,0	56,9
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**178**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Tværskot, ULS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO	

COWI
Selected Practice

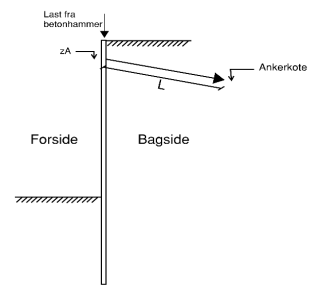
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
8	0,00	38,16	-3,40	-5,40	38	0,70	25,7	0,0	12,8
9	38,16	60,12	-5,40	-5,40	0	0,70	32,1	0,0	0,0
10	60,12	222,51	-5,40	-8,10	382	0,70	32,1	0,0	167,8
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**181**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-8,1	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	119,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**14**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 191 kN/m

ΣF= 10 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 181 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Tværskot, ALS, Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) | **Output fra:** **SPOOKS**

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	4,35	5,62	3,50	2,90	3	1,00	35,0	0,0	2,1
2	5,62	7,72	2,90	1,90	7	1,00	35,0	0,0	4,7
3	7,72	17,39	1,90	-2,70	58	1,00	35,0	0,0	40,4
4	17,39	17,61	-2,70	-2,80	2	1,00	35,0	0,0	1,2
5	17,61	18,87	-2,80	-3,40	11	1,00	35,0	0,0	7,7
6	18,87	23,68	-3,40	-3,40	0	1,00	30,0	0,0	0,0
7	23,68	26,32	-3,40	-5,40	50	1,00	30,0	0,0	28,9
8	26,32	19,10	-5,40	-5,40	0	1,00	37,0	0,0	0,0
9	19,10	24,11	-5,40	-8,01	56	1,00	37,0	0,0	42,5
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**128**

Overskriv ruheder? Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Tværskot, ALS, Dr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO	

COWI
Selected Practice

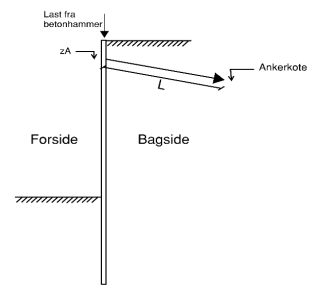
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	42,49	-3,40	-5,40	42	0,40	30,0	0,0	9,8
8	42,49	68,31	-5,40	-5,40	0	0,40	37,0	0,0	0,0
9	68,31	246,77	-5,40	-8,01	412	0,40	37,0	0,0	124,1
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**134**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5
Spidskote af spuns, m	-8,0
Vægt af spuns, kg/m²	119,0
Egenvægt af spuns, kN/m	**13**

Type:

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 141 kN/m

ΣF= 7 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 134 kN/m

Lodret ligevægt af spunsvæg

Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Tværskot, ULS, Udr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO

COWI *Selected Practice*

Bagside (e2) — **Output fra:** SPOOKS

Aktivt jordtryk, kN/m (nedadrettet) — **Terræn Kt.** 3,5

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	7,56	10,54	3,50	2,90	5	1,00	30,3	0,0	3,2
2	0,00	0,00	2,90	2,90	0	0,00	0,0	83,3	0,0
3	0,00	0,00	2,90	1,90	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	1,90	1,60	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	1,60	-2,80	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	0,00	0,00	-2,80	-3,40	0	0,00	0,0	0,0	0,0
7	0,00	59,84	-3,40	-3,40	0	0,00	0,0	27,8	0,0
8	59,84	63,67	-3,40	-4,17	48	0,00	0,0	27,8	0,0
9	63,67	69,84	-4,17	-5,40	82	0,00	0,0	27,8	0,0
10	69,84	30,32	-5,40	-5,40	0	1,00	32,1	0,0	0,0
11	30,32	35,73	-5,40	-7,66	74	1,00	32,1	0,0	46,8
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**50**

Overskriv ruheder?	Nej

Lodret ligevægt af spunsvæg					
Program ver. 8.2 gældende for WinSpooks 2.0.2.29 og WALLAP 6.05					
Sag:	Trælastholmen		**Sagsnr.:**	A112240	
Emne:	Tværskot, ULS, Udr		**Dato:**	09-03-2023	
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO	

COWI
Selected Practice

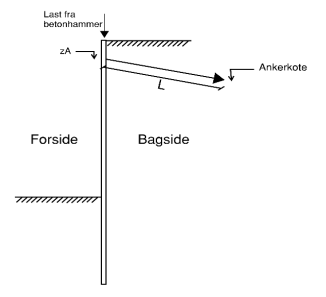
Forside (e1)

Passivt jordtryk, kN/m (opadrettet) **Terræn Kt.** -2,80

Område	Jordtryk 1 kN/m²	Jordtryk 2 kN/m²	Fra kote	Til kote	ΔE_a kN/m	Ruhed r	φ'_d °	c'_d kN/m²	F_a kN/m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
6	166,66	166,66	-2,80	-3,40	100	0,00	0,0	0,0	0,0
7	166,66	55,56	-3,40	-3,40	0	0,00	0,0	27,8	0,0
8	55,56	59,39	-3,40	-4,17	44	0,00	0,0	27,8	0,0
9	59,39	65,56	-4,17	-5,40	77	0,00	0,0	27,8	0,0
10	65,56	48,63	-5,40	-5,40	0	0,40	32,1	0,0	0,0
11	48,63	158,27	-5,40	-7,66	233	0,40	32,1	0,0	58,6
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0
								sum:	**59**

Lodret bidrag fra ankerkraft, kN/m

Anker nr.	z_A [m]	Ankerkt. [m]	L [m]	Ankerkraft [kN/m]	Bidrag [kN/m]
1					
2					
3					



Egenvægt af spuns, kN/m (nedadrettet)

Topkote af spuns, m	3,5	
Spidskote af spuns, m	-7,7	Type:
Vægt af spuns, kg/m²	119,0	
Egenvægt af spuns, kN/m	**13**	

Tillægslast fra evt. betonpåstøbning, kN/m (nedadrettet)

Tillægslast	

Summation af lodrette kræfter

ΣF↓ = 63 kN/m

ΣF= 4 kN/m (Pos ned)

ΣF↑ = 59 kN/m

BILAG C

SPIDSBÆREEVNE AF SPUNS

Spidsbæreevne af spuns
Spunsvæg med spidsen i ler

Bæreevne iht. Eurocode 7, DS/EN 1997-1, 2.udgave og DS/EN 1997-1 DK NA:2010-09.
Ver. 1.

Sag:	Trælastholmen			**Sagsnr.:**	A071898
Emne:	Kanalspuns, spidsbæreevne, AZ24-700			**Dato:**	14-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO	**Side:**	

INDDATA

Jordparametre

Udrænet kohæsion (karakteristisk)	$c_{u,k}$	300,0	kN/m^2
Partialkoefficient for pæles bæreevne	γ_b	1,30	-
Materialefaktor	m	0,7	-
Regenerationsfaktor	r	0,4	-

Regningsmæssige laster

Lodret last	F_{cd}		kN/m

Dimension

Spidsareal pr. lbm	A_b	174,00	cm^2/m
Overfladeareal pr. side pr. lbm	A_s	1,38	$m^2/m/m$
Længde til optagelse af overflademodstand	L	0,00	m

BEREGNING

Bæreevne

Bæreevne fra spidsmodstand	$R_{b,d}$	24	kN/m
Bæreevne fra overflademodstand	$R_{s,d}$	0	kN/m
Samlet bæreevne	$\mathbf{R_{cd}}$	**24**	**kN/m**
Belastning	$\mathbf{F_{cd}}$	**0**	**kN/m**

BÆREEVNE IORDEN

KONKLUSION

Lodret bæreevne: **BÆREEVNE IORDEN**

Spidsbæreevne af spuns
Spunsvæg med spidsen i sand

Bæreevne iht. Eurocode 7, DS/EN 1997-1, 2.udgave og DS/EN 1997-1 DK NA:2010-09.
Ver. 1.

Sag:	Trælastholmen			**Sagsnr.:**	A071898
Emne:	Tværskot, spidsbæreevne, AZ20-700			**Dato:**	09-03-2023
Udarb.:	CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:** CSJO	**Side:**	

INDDATA

Jordparametre

Friktionsvinkel (karakteristisk)	$\varphi'_{pl,k}$	37,0	gr.
Partialkoefficient for pæles bæreevne	γ_b	1,3	-
Overlejringstryk ved spidsen	q'_b	43,0	kN/m^2
Overlejringstryk midt i laget	q'_m	30,0	kN/m^2

Regningsmæssige laster

Lodret last	F_{cd}	0,0	kN/m

Dimension

Spidsareal pr. lbm	A_b	152,00	cm^2/m
Overfladeareal pr. side pr. lbm	A_s	1,33	$m^2/m/m$
Længde til optagelse af overflademodstand	L	0,00	m

BEREGNING

Bæreevnefaktorer

Bæreevnefaktor	N_q	42,9	-
Bæreevnefaktor	N_m	0,3	-

Bæreevne

Bæreevne fra spidsmodstand	$R_{b,d}$	29	kN/m
Bæreevne fra overflademodstand	$R_{s,d}$	0	kN/m
Samlet bæreevne	$\mathbf{R_{cd}}$	**29**	**kN/m**
Belastning	$\mathbf{F_{cd}}$	**0**	**kN/m**

BÆREEVNE IORDEN

KONKLUSION

Lodret bæreevne: **BÆREEVNE IORDEN**

BILAG D

BÆREEVNE AF SPUNSTVÆRSNIT

Steel Sheet Pile Wall:
Cross Section and Member Analysis

Calculations in accordance with DS/EN 1993-5 and DK NA.

COWI
Best Practice
Version 2.1.

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of steel sheet pile walls respecting plastic rotations, diff. water pressure and occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, Midlertidig tilstand, ULS		**Date:**	09-03-2023
Prepared by: CSJO	**Checked by:** THAD	**Approved by:** CSJO	

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state / Calculation type: ULS Elastic

Control class (γ_3): Normal

Apply K_{FI} to material properties?: No $K_{FI} := 1.0$

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.10$ $\gamma_{M1} = 1.20$

Material Properties

Characteristic yield strength: $f_{yk} := 355MPa$

Elastic modulus: $E := 210GPa$

Coefficient depending on f_y: $\varepsilon := \sqrt{\frac{235MPa}{f_{yk}}}$ $\varepsilon = 0.814$

Geometrical Properties

Type of Profile:

Profiletype: Z-profil

Profile: AZ 24-700

Reduction Factors (Skew Bending):

Section modulus: $\beta_B := 1.00$

Moment of inertia $\beta_D := 1.00$

Manual Input of Sheet Pile Wall: (only used if "Profile" is set to "Custom")

Distance between locks:	$d_{w.custom} := 700mm$	Sectional area:	$A_{custom} := 174.1 \cdot \frac{cm^2}{m}$
Overall height:	$h_{custom} := 459mm$	Moment of inertia:	$I_{y.custom} := 55.8 \cdot 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Thickness of flange:	$t_{f.custom} := 11.2mm$	Elastic section modulus:	$W_{el.y.custom} := 2430 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_{w.custom} := 11.2 \cdot mm$	Plastic sectionmodulus:	$W_{pl.y.custom} := 2867 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Width of flange:	$b_{custom} := 361 \cdot mm$		
Angle between web and CL:	$\alpha_{custom} := 55.2 \cdot deg$		
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp.custom} := 136.7 \frac{kg}{m}$		

Corrosion:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor} := 5$

Corrosion rates for design:

Front: Undisturbed natural soils

Back: Undisturbed natural soils

Use custom corrosion values?: No $t_{c.f.custom} := 1.0mm$ $t_{c.b.custom} := 1.0mm$

Loss of thickness due to corrosion:

Front: $t_{c.f} = 0.00 \cdot mm$ Back: $t_{c.b} = 0.00 \cdot mm$

Total: $t_{c.tot} := t_{c.f} + t_{c.b}$ $t_{c.tot} = 0.00 \cdot mm$

Reduced Thicknesses:

Flange: $t_{w.red} := t_w - t_{c.tot}$ $t_{w.red} = 11.20 \cdot mm$

Web: $t_{f.red} := t_f - t_{c.tot}$ $t_{f.red} = 11.20 \cdot mm$

Geometry:

Apply corrosion rates: Yes

Width of flange:	$b = 361 \cdot mm$	Moment of inertia:	$I = 55.8 \times 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Overall height:	$h = 459 \cdot mm$	Elastic section modulus:	$W_{el} = 2430 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of flange:	$t_f = 11.2 \cdot mm$	Plastic section modulus:	$W_{pl} = 2867 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_w = 11.2 \cdot mm$	Angle between web and CL:	$\alpha = 55.2 \cdot °$
Sectional area:	$A = 174 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Distance between locks:	$d_w = 700 \cdot mm$
Web area (pr. web):	$A_v = 72 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Non-dim. slenderness:	$\frac{\frac{b}{t_f}}{\varepsilon} = 39.6$
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp} = 95.7 \cdot \frac{kg}{m}$	Slant height of the web:	$c = 545 \cdot mm$
Characteristic yield strength:	$f_{yk} = 355.0 \cdot MPa$		

CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Diff. water preassure at examined level/cross-section: $w := 2.6m$

Length, anchor level - pile tip level: $L := 18m$

Loadings

Loadings at examined level/cross section:

Bending moment:	Shear force:	Axial force:
$M_{Ed} := 628.9 \frac{kN \cdot m}{m}$	$V_{Ed} := 0 \frac{kN}{m}$	$N_{Ed} := 0 \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Yield Strength Reduction Factors

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1$

Reduced yield strengh $f_{yk.red} := f_{yk} \cdot \rho_C \cdot \rho_P$ $f_{yk.red} = 355 \cdot MPa$

Cross Section Analysis

Bending Moment

Design bending moment: $M_{Ed} = 629 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design moment resistance: $M_{c.Rd} := \beta_B \cdot W \cdot \frac{f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $M_{c.Rd} = 784 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.M} := \frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}}$ $u_{rel.M} = 80 \cdot \%$

Shear Force

Shear area: $A_v = 7165 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot f_{yk.red}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{pl.Rd} = 1335 \cdot \frac{kN}{m}$

Design shear force: $V_{Ed} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.V} := \frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}}$ $u_{rel.V} = 0 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

Axial Force

Cross-sectional area: $A = 17400 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic axial resistance: $N_{pl.Rd} := \frac{A \cdot f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $N_{pl.Rd} = 5615 \cdot \frac{kN}{m}$

Design axial force: $N_{Ed} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.N} := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$ $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Combined Bending, Shear and Axial Force

Design bending moment: $M_{Ed} = 629 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design combined moment resistance: $M_{Rd} = 784 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.comb} := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ $u_{rel.comb} = 80 \cdot \%$

SUMMARY

Calculation type: $calc_{type}$ = "Elastic"

Profile: profile = "AZ 24-700"

Characteristic yield strength: $f_{yk} = 355 \cdot MPa$

Corrosion rates applied?: $Control_{cor}$ = "Yes"

Cross section class: CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1.00$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1.00$

The following is taken into consideration in calculation of resistances:

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Utilization ratios

Shear force: $u_{rel.V} = 0 \cdot \%$

Axial force: $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

Bending moment: $u_{rel.M} = 80 \cdot \%$

Combined: $u_{rel.comb} = 80 \cdot \%$

Steel Sheet Pile Wall:
Cross Section and Member Analysis

Calculations in accordance with DS/EN 1993-5 and DK NA.

COWI
Best Practice
Version 2.1.

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of steel sheet pile walls respecting plastic rotations, diff. water pressure and occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, Permanent tilstand, ULS+ALS		**Date:**	09-03-2023

Prepared by: CSJO **Checked by:** THAD **Approved by:** CSJO

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state / Calculation type: ULS Elastic

Control class (γ_3): Normal

Apply K_{FI} to material properties?: No $K_{FI} := 1.0$

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.10$ $\gamma_{M1} = 1.20$

Material Properties

Characteristic yield strength: $f_{yk} := 355MPa$

Elastic modulus: $E := 210GPa$

Coefficient depending on f_y: $\varepsilon := \sqrt{\frac{235MPa}{f_{yk}}}$ $\varepsilon = 0.814$

Geometrical Properties

Type of Profile:

Profiletype: Z-profil

Profile: AZ 24-700

Reduction Factors (Skew Bending):

Section modulus: $\beta_B := 1.00$

Moment of inertia $\beta_D := 1.00$

Manual Input of Sheet Pile Wall: (only used if "Profile" is set to "Custom")

Distance between locks:	$d_{w.custom} := 700mm$	Sectional area:	$A_{custom} := 174.1 \cdot \frac{cm^2}{m}$
Overall height:	$h_{custom} := 459mm$	Moment of inertia:	$I_{y.custom} := 55.8 \cdot 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Thickness of flange:	$t_{f.custom} := 11.2mm$	Elastic section modulus:	$W_{el.y.custom} := 2430 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_{w.custom} := 11.2 \cdot mm$	Plastic sectionmodulus:	$W_{pl.y.custom} := 2867 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Width of flange:	$b_{custom} := 361 \cdot mm$		
Angle between web and CL:	$\alpha_{custom} := 55.2 \cdot deg$		
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp.custom} := 136.7 \frac{kg}{m}$		

Corrosion:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor} := 50$

Corrosion rates for design:

Front: Sea water in temperate climate in the zone of high attack

Back: Non-compacted and non-aggressive fills

Use custom corrosion values?: No $t_{c.f.custom} := 1.0mm$ $t_{c.b.custom} := 1.0mm$

Loss of thickness due to corrosion:

Front: $t_{c.f} = 3.75 \cdot mm$ Back: $t_{c.b} = 1.20 \cdot mm$

Total: $t_{c.tot} := t_{c.f} + t_{c.b}$ $t_{c.tot} = 4.95 \cdot mm$

Reduced Thicknesses:

Flange: $t_{w.red} := t_w - t_{c.tot}$ $t_{w.red} = 6.25 \cdot mm$

Web: $t_{f.red} := t_f - t_{c.tot}$ $t_{f.red} = 6.25 \cdot mm$

Geometry:

Apply corrosion rates: Yes

Width of flange:	$b = 361 \cdot mm$	Moment of inertia:	$I = 31.1 \times 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Overall height:	$h = 459 \cdot mm$	Elastic section modulus:	$W_{el} = 1356 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of flange:	$t_f = 6.3 \cdot mm$	Plastic section modulus:	$W_{pl} = 1600 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_w = 6.3 \cdot mm$	Angle between web and CL:	$\alpha = 55.2 \cdot °$
Sectional area:	$A = 97 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Distance between locks:	$d_w = 700 \cdot mm$
Web area (pr. web):	$A_v = 40 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Non-dim. slenderness:	$\frac{\frac{b}{t_f}}{\varepsilon} = 66.0$
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp} = 53.994 \cdot \frac{kg}{m}$	Slant height of the web:	$c = 545 \cdot mm$
Characteristic yield strength:	$f_{yk} = 306.8 \cdot MPa$		

CSC = "Cross Section Class 4. Yield strength reduced. Recalc. of ε and λ has been performed to fulfill class 3 criteria."

Diff. water preassure at examined level/cross-section: $w := 0.5m$

Length, anchor level - pile tip level: $L := 14m$

Loadings

Loadings at examined level/cross section:

Bending moment:	Shear force:	Axial force:
$M_{Ed} := 253 \frac{kN \cdot m}{m}$	$V_{Ed} := 173 \frac{kN}{m}$	$N_{Ed} := 0 \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Yield Strength Reduction Factors

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1$

Reduced yield strengh $f_{yk.red} := f_{yk} \cdot \rho_C \cdot \rho_P$ $f_{yk.red} = 307 \cdot MPa$

Cross Section Analysis

Bending Moment

Design bending moment: $M_{Ed} = 253 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design moment resistance: $M_{c.Rd} := \beta_B \cdot W \cdot \frac{f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $M_{c.Rd} = 378 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.M} := \frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}}$ $u_{rel.M} = 67 \cdot \%$

Shear Force

Shear area: $A_v = 4042 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot f_{yk.red}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{pl.Rd} = 651 \cdot \frac{kN}{m}$

Design shear force: $V_{Ed} = 173 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.V} := \frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}}$ $u_{rel.V} = 27 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "c/t.w> 72 ε: Shear buckling resistance needs to be verified!"

Shear Buckling

Relative web slenderness: $\lambda_w := 0.346 \cdot \frac{c}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{f_{yk.red}}{E}}$ $\lambda_w = 1.154$

Shear buckling strength:

$$f_{bv} := \begin{cases} (0.58 \cdot f_{yk.red}) & \text{if } \lambda_w \le 0.83 \\ \frac{0.48 \cdot f_{yk.red}}{\lambda_w} & \text{if } 0.83 < \lambda_w < 1.40 \\ \frac{0.67 \cdot f_{yk.red}}{\lambda_w^2} & \text{if } \lambda_w \ge 1.40 \end{cases}$$

$f_{bv} = 127.627 \cdot MPa$

Shear buckling resistance: $V_{b.Rd} := \frac{(h - t_f) \cdot t_w \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0} \cdot d_w}$ $V_{b.Rd} = 469.02 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.shearbuckling} := \frac{V_{Ed}}{V_{b.Rd}}$ $u_{rel.shearbuckling} = 37 \cdot \%$

$Control_{shearb} := \text{if}(V_{Ed} \le V_{b.Rd}, \text{"Ok"}, \text{"Shear bearing capacity not sufficient!"})$

$Control_{shearb}$ = "Ok"

Axial Force

Cross-sectional area: $A = 9710 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic axial resistance: $N_{pl.Rd} := \frac{A \cdot f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $N_{pl.Rd} = 2708 \cdot \frac{kN}{m}$

Design axial force: $N_{Ed} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.N} := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$ $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Combined Bending, Shear and Axial Force

Design bending moment: $M_{Ed} = 253 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design combined moment resistance: $M_{Rd} = 378 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.comb} := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ $u_{rel.comb} = 67 \cdot \%$

SUMMARY

Calculation type: $calc_{type}$ = "Elastic"

Profile: profile = "AZ 24-700"

Characteristic yield strength: $f_{yk} = 306.833 \cdot MPa$

Corrosion rates applied?: $Control_{cor}$ = "Yes"

Cross section class: CSC = "Cross Section Class 4. Yield strength r

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1.00$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1.00$

The following is taken into consideration in calculation of resistances:

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "c/t.w> 72 ε: Shear buckling resistance needs to be verified!"

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Utilization ratios

Shear force: $u_{rel.V} = 27 \cdot \%$

Axial force: $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

Bending moment: $u_{rel.M} = 67 \cdot \%$

Combined: $u_{rel.comb} = 67 \cdot \%$

Steel Sheet Pile Wall:
Cross Section and Member Analysis

Calculations in accordance with DS/EN 1993-5 and DK NA.

COWI
Best Practice
Version 2.1.

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of steel sheet pile walls respecting plastic rotations, diff. water pressure and occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Tværskot, Midlertidig tilstand, ULS		**Date:**	09-03-2023

Prepared by: CSJO **Checked by:** THAD **Approved by:** CSJO

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state / Calculation type: ULS Elastic

Control class (γ_3): Normal

Apply K_{FI} to material properties?: No $K_{FI} := 1.0$

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.10$ $\gamma_{M1} = 1.20$

Material Properties

Characteristic yield strength: $f_{yk} := 355MPa$

Elastic modulus: $E := 210GPa$

Coefficient depending on f_y: $\varepsilon := \sqrt{\frac{235MPa}{f_{yk}}}$ $\varepsilon = 0.814$

Geometrical Properties

Type of Profile:

Profiletype: Z-profil

Profile: AZ 20-700

Reduction Factors (Skew Bending):

Section modulus: $\beta_B := 1.00$

Moment of inertia $\beta_D := 1.00$

Manual Input of Sheet Pile Wall: (only used if "Profile" is set to "Custom")

Distance between locks:	$d_{w.custom} := 700mm$	Sectional area:	$A_{custom} := 152.0 \cdot \frac{cm^2}{m}$
Overall height:	$h_{custom} := 421mm$	Moment of inertia:	$I_{y.custom} := 40.96 \cdot 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Thickness of flange:	$t_{f.custom} := 10mm$	Elastic section modulus:	$W_{el.y.custom} := 1945 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_{w.custom} := 10 \cdot mm$	Plastic sectionmodulus:	$W_{pl.y.custom} := 2296 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Width of flange:	$b_{custom} := 346 \cdot mm$		
Angle between web and CL:	$\alpha_{custom} := 51.2 \cdot deg$		
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp.custom} := 119.3 \frac{kg}{m}$		

Corrosion:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor} := 5$

Corrosion rates for design:

Front: Sea water in temperate climate in the zone of permanent immersion or in the inte

Back: Non-compacted and non-aggressive fills

Use custom corrosion values?: No $t_{c.f.custom} := 1.0mm$ $t_{c.b.custom} := 1.0mm$

Loss of thickness due to corrosion:

Front: $t_{c.f} = 0.25 \cdot mm$ Back: $t_{c.b} = 0.18 \cdot mm$

Total: $t_{c.tot} := t_{c.f} + t_{c.b}$ $t_{c.tot} = 0.43 \cdot mm$

Reduced Thicknesses:

Flange: $t_{w.red} := t_w - t_{c.tot}$ $t_{w.red} = 9.57 \cdot mm$

Web: $t_{f.red} := t_f - t_{c.tot}$ $t_{f.red} = 9.57 \cdot mm$

Geometry:

Apply corrosion rates:

Width of flange:	$b = 346 \cdot mm$	Moment of inertia:	$I = 39.2 \times 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Overall height:	$h = 421 \cdot mm$	Elastic section modulus:	$W_{el} = 1861 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of flange:	$t_f = 9.6 \cdot mm$	Plastic section modulus:	$W_{pl} = 2197 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_w = 9.6 \cdot mm$	Angle between web and CL:	$\alpha = 51.2 \cdot °$
Sectional area:	$A = 145 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Distance between locks:	$d_w = 700 \cdot mm$
Web area (pr. web):	$A_v = 56 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Non-dim. slenderness:	$\frac{\frac{b}{t_f}}{\varepsilon} = 44.4$
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp} = 79.993 \cdot \frac{kg}{m}$	Slant height of the web:	$c = 527 \cdot mm$
Characteristic yield strength:	$f_{yk} = 355.0 \cdot MPa$		

CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Diff. water preassure at examined level/cross-section: $w := 2.6m$

Length, anchor level - pile tip level: $L := 18m$

Loadings

Loadings at examined level/cross section:

Bending moment:	Shear force:	Axial force:
$M_{Ed} := 570.0 \frac{kN \cdot m}{m}$	$V_{Ed} := 221 \frac{kN}{m}$	$N_{Ed} := 0 \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Yield Strength Reduction Factors

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1$

Reduced yield strengh $f_{yk.red} := f_{yk} \cdot \rho_C \cdot \rho_P$ $f_{yk.red} = 355 \cdot MPa$

Cross Section Analysis

Bending Moment

Design bending moment: $M_{Ed} = 570 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design moment resistance: $M_{c.Rd} := \beta_B \cdot W \cdot \frac{f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $M_{c.Rd} = 601 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.M} := \frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}}$ $u_{rel.M} = 95 \cdot \%$

Shear Force

Shear area: $A_v = 5625 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot f_{yk.red}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{pl.Rd} = 1048 \cdot \frac{kN}{m}$

Design shear force: $V_{Ed} = 221 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.V} := \frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}}$ $u_{rel.V} = 21 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

Axial Force

Cross-sectional area: $A = 14546 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic axial resistance: $N_{pl.Rd} := \frac{A \cdot f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $N_{pl.Rd} = 4695 \cdot \frac{kN}{m}$

Design axial force: $N_{Ed} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.N} := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$ $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Combined Bending, Shear and Axial Force

Design bending moment: $M_{Ed} = 570 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design combined moment resistance: $M_{Rd} = 601 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.comb} := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ $u_{rel.comb} = 95 \cdot \%$

SUMMARY

Calculation type: $calc_{type}$ = "Elastic"

Profile: profile = "AZ 20-700"

Characteristic yield strength: $f_{yk} = 355 \cdot MPa$

Corrosion rates applied?: $Control_{cor}$ = "Yes"

Cross section class: CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1.00$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1.00$

The following is taken into consideration in calculation of resistances:

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Utilization ratios

Shear force: $u_{rel.V} = 21 \cdot \%$

Axial force: $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

Bending moment: $u_{rel.M} = 95 \cdot \%$

Combined: $u_{rel.comb} = 95 \cdot \%$

Steel Sheet Pile Wall:
Cross Section and Member Analysis

Calculations in accordance with DS/EN 1993-5 and DK NA.

COWI
Best Practice
Version 2.1.

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of steel sheet pile walls respecting plastic rotations, diff. water pressure and occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Tværskot, Midlertidig tilstand, ALS		**Date:**	09-03-2023

Prepared by: CSJO **Checked by:** THAD **Approved by:** CSJO

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state / Calculation type: ALS Elastic

Control class (γ_3): Normal

Apply K_{FI} to material properties?: No $K_{FI} := 1.0$

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.00$

Material Properties

Characteristic yield strength: $f_{yk} := 355MPa$

Elastic modulus: $E := 210GPa$

Coefficient depending on f_y: $\varepsilon := \sqrt{\frac{235MPa}{f_{yk}}}$ $\varepsilon = 0.814$

Geometrical Properties

Type of Profile:

Profiletype: Z-profil

Profile: AZ 20-700

Reduction Factors (Skew Bending):

Section modulus: $\beta_B := 1.00$

Moment of inertia $\beta_D := 1.00$

Manual Input of Sheet Pile Wall: (only used if "Profile" is set to "Custom")

Distance between locks:	$d_{w.custom} := 700mm$	Sectional area:	$A_{custom} := 152.0 \cdot \frac{cm^2}{m}$
Overall height:	$h_{custom} := 421mm$	Moment of inertia:	$I_{y.custom} := 40.96 \cdot 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Thickness of flange:	$t_{f.custom} := 10mm$	Elastic section modulus:	$W_{el.y.custom} := 1945 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_{w.custom} := 10 \cdot mm$	Plastic sectionmodulus:	$W_{pl.y.custom} := 2296 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Width of flange:	$b_{custom} := 346 \cdot mm$		
Angle between web and CL:	$\alpha_{custom} := 51.2 \cdot deg$		
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp.custom} := 119.3 \frac{kg}{m}$		

Corrosion:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor} := 5$

Corrosion rates for design:

Front: Sea water in temperate climate in the zone of permanent immersion or in the inte

Back: Non-compacted and non-aggressive fills

Use custom corrosion values?: No $t_{c.f.custom} := 1.0mm$ $t_{c.b.custom} := 1.0mm$

Loss of thickness due to corrosion:

Front: $t_{c.f} = 0.25 \cdot mm$ Back: $t_{c.b} = 0.18 \cdot mm$

Total: $t_{c.tot} := t_{c.f} + t_{c.b}$ $t_{c.tot} = 0.43 \cdot mm$

Reduced Thicknesses:

Flange: $t_{w.red} := t_w - t_{c.tot}$ $t_{w.red} = 9.57 \cdot mm$

Web: $t_{f.red} := t_f - t_{c.tot}$ $t_{f.red} = 9.57 \cdot mm$

Geometry:

Apply corrosion rates:

Width of flange:	$b = 346 \cdot mm$	Moment of inertia:	$I = 39.2 \times 10^3 \cdot \frac{cm^4}{m}$
Overall height:	$h = 421 \cdot mm$	Elastic section modulus:	$W_{el} = 1861 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of flange:	$t_f = 9.6 \cdot mm$	Plastic section modulus:	$W_{pl} = 2197 \cdot \frac{cm^3}{m}$
Thickness of web:	$t_w = 9.6 \cdot mm$	Angle between web and CL:	$\alpha = 51.2 \cdot °$
Sectional area:	$A = 145 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Distance between locks:	$d_w = 700 \cdot mm$
Web area (pr. web):	$A_v = 56 \cdot \frac{cm^2}{m}$	Non-dim. slenderness:	$\frac{\frac{b}{t_f}}{\varepsilon} = 44.4$
Mass of wall (pr. run. meter):	$G_{sp} = 79.993 \cdot \frac{kg}{m}$	Slant height of the web:	$c = 527 \cdot mm$
Characteristic yield strength:	$f_{yk} = 355.0 \cdot MPa$		

CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Diff. water preassure at examined level/cross-section: $w := 2.6m$

Length, anchor level - pile tip level: $L := 18m$

Loadings

Loadings at examined level/cross section:

Bending moment:	Shear force:	Axial force:
$M_{Ed} := 628.0 \frac{kN \cdot m}{m}$	$V_{Ed} := 259 \frac{kN}{m}$	$N_{Ed} := 0 \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Yield Strength Reduction Factors

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1$

Reduced yield strengh $f_{yk.red} := f_{yk} \cdot \rho_C \cdot \rho_P$ $f_{yk.red} = 355 \cdot MPa$

Cross Section Analysis

Bending Moment

Design bending moment: $M_{Ed} = 628 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design moment resistance: $M_{c.Rd} := \beta_B \cdot W \cdot \frac{f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $M_{c.Rd} = 661 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.M} := \frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}}$ $u_{rel.M} = 95 \cdot \%$

Shear Force

Shear area: $A_v = 5625 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot f_{yk.red}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{pl.Rd} = 1153 \cdot \frac{kN}{m}$

Design shear force: $V_{Ed} = 259 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.V} := \frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}}$ $u_{rel.V} = 22 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

Axial Force

Cross-sectional area: $A = 14546 \cdot \frac{mm^2}{m}$

Design plastic axial resistance: $N_{pl.Rd} := \frac{A \cdot f_{yk.red}}{\gamma_{M0}}$ $N_{pl.Rd} = 5164 \cdot \frac{kN}{m}$

Design axial force: $N_{Ed} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.N} := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$ $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Combined Bending, Shear and Axial Force

Design bending moment: $M_{Ed} = 628 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Design combined moment resistance: $M_{Rd} = 661 \cdot \frac{kN \cdot m}{m}$

Relative utilization ratio: $u_{rel.comb} := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ $u_{rel.comb} = 95 \cdot \%$

SUMMARY

Calculation type: $calc_{type}$ = "Elastic"

Profile: profile = "AZ 20-700"

Characteristic yield strength: $f_{yk} = 355 \cdot MPa$

Corrosion rates applied?: $Control_{cor}$ = "Yes"

Cross section class: CSC = "Cross Section Class 1 or 2"

Reduction factor due to non-dimensional slenderness: $\rho_C = 1.00$

Reduction factor due to diff. water pressure: $\rho_P = 1.00$

The following is taken into consideration in calculation of resistances:

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

$Control_{shearbuckling}$ = "Shear buckling resistance is neglected"

$Control_{memberbuckling}$ = "Member buckling is neglected"

$Control_{axial}$ = "The effects of axial force on the plastic moment resistance is neglected"

Utilization ratios

Shear force: $u_{rel.V} = 22 \cdot \%$

Axial force: $u_{rel.N} = 0 \cdot \%$

Bending moment: $u_{rel.M} = 95 \cdot \%$

Combined: $u_{rel.comb} = 95 \cdot \%$

BILAG E

DIMENSIONERING AF ANKERPLADER

Ankre i jord
Ankerplade i sand

Beregninger iht. Lærebog i Geoteknik 1. udgave, 2. oplag. Sikkerhed iht. DS/EN 1991-1 DK/NA:2008

COWI Best Practice

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Frokostkanal_Kanalvæg 06-07, 31-32_Udgrav_Midl_ULS_Dr	**Dato:**	27-02-2023
Udarb.: CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO

Jordparametre:

Kar. friktionsvinkel $\varphi_{pl,k}$	37	gr.
Konsekvensklasse	CC2	
Lastkomb., jf. DS/EN 1997 Tabel A.3-1 DK NA	LK2	
Partialkoeffient, γ_φ	1,2	
Reg. friktionsvinkel $\varphi_{pl,d}$	32,1	gr.
Do.	0,561	rad
Rumvægt over GVS γ	20,0	kN/m2
Effektiv rumvægt under GVS γ'	10,0	kN/m3
Afstand fra JOF til GVS h_1	1,90	m
Afstand fra GVS til bund af ankerplade h_2	0,525	m

Ankerplade:

Længde af ankerplade l	1,65	m
Højde af ankerplade h	1,65	m
Bredde af ankerplade w	0,35	m
Afstand mellem ankerplader L	2,80	m
Afstand fra jordoverflade til bund af plade H	2,43	m
Rumvægt af ankerplade γs	25,00	kN/m3
Egenvægt G_w	16,84	kN/m

Ankermodstand:

Ankermodstand (grundtilfælde) R^0	207,155	kN/m
Angrebspunkt z_R^0	0,8930	m
z_R^0/H	0,37	
Ankermodstand R	**186,467**	kN/m
z_R	**0,751**	m

Jordtrykskoefficienter:

Zonebrud K_γ^a	0,241
K_γ	3,84856
ζ_γ	0,349
Lodret ligevægt $K_\gamma \tan\delta_\gamma$	0,445
$\tan\delta_\gamma$	0,116

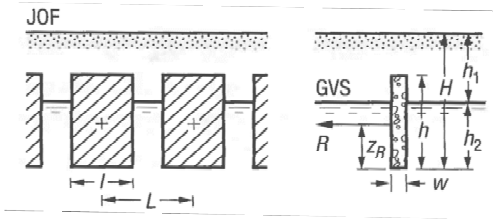
Jordtryk:

Hydrostatisk jordtryk E^h	57,428	kN/m
Hydrostatisk jordtryks moment $z^h E^h$	47,294	kN/m
Angrebspunkt for hydrostatisk jordtryk z^n	0,824	m
Aktivt normaljordtryk E^a	13,860	kN/m
Aktivt tangentialjordtryk F^a	-8,704	kN/m

Korrektionsfaktor:

(For at korrektionsformler kan anvendes må H/L ~1)

H/L	0,87
h/H	0,68
l/L	0,59
Lejringstype	Fast
R/R^v	0,900



Ankre i jord
Ankerplade i sand

Beregninger iht. Lærebog i Geoteknik 1. udgave, 2. oplag. Sikkerhed iht. DS/EN 1991-1 DK/NA:2008

COWI Best Practice

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Frokostkanal_Kanalvæg 06-07, 31-32_Udgrav_Midl_ALS_Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.: CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO

Jordparametre:

Kar. friktionsvinkel $\varphi_{pl,k}$	37	gr.
Konsekvensklasse	CC2	
Lastkomb., jf. DS/EN 1997 Tabel A.3-1 DK NA	Brugerdif.	1
Partialkoeffient, γ_φ	1	
Reg. friktionsvinkel $\varphi_{pl,d}$	37,0	gr.
Do.	0,646	rad
Rumvægt over GVS γ	20,0	kN/m2
Effektiv rumvægt under GVS γ'	10,0	kN/m3
Afstand fra JOF til GVS h_1	1,90	m
Afstand fra GVS til bund af ankerplade h_2	0,525	m

Ankerplade:

Længde af ankerplade l	1,65	m
Højde af ankerplade h	1,65	m
Bredde af ankerplade w	0,35	m
Afstand mellem ankerplader L	2,80	m
Afstand fra jordoverflade til bund af plade H	2,43	m
Rumvægt af ankerplade γs	25,00	kN/m3
Egenvægt G_w	16,84	kN/m

Ankermodstand:

Ankermodstand (grundtilfælde) R^0	260,708	kN/m
Angrebspunkt z_R^0	0,8851	m
z_R^0/H	0,36	
Ankermodstand R	**234,672**	kN/m
z_R	**0,746**	m

Jordtrykskoefficienter:

Zonebrud K_γ^a	0,191
K_γ	4,73107
ζ_γ	0,349
Lodret ligevægt $K_\gamma \tan\delta_\gamma$	0,437
$\tan\delta_\gamma$	0,092

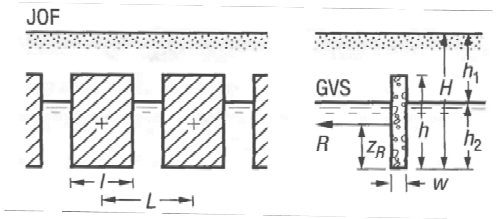
Jordtryk:

Hydrostatisk jordtryk E^h	57,428	kN/m
Hydrostatisk jordtryks moment $z^h E^h$	47,294	kN/m
Angrebspunkt for hydrostatisk jordtryk z^n	0,824	m
Aktivt normaljordtryk E^a	10,989	kN/m
Aktivt tangentialjordtryk F^a	-8,281	kN/m

Korrektionsfaktor:

(For at korrektionsformler kan anvendes må H/L ~1)

H/L	0,87
h/H	0,68
l/L	0,59
Lejringstype	Fast
R/R^v	0,900



Ankre i jord
Ankerplade i sand

Beregninger iht. Lærebog i Geoteknik 1. udgave, 2. oplag. Sikkerhed iht. DS/EN 1991-1 DK/NA:2008

COWI
Best Practice

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Frokostkanal_Skot_Midl_ULS_Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.: CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO

Jordparametre:

Kar. friktionsvinkel $\varphi_{pl,k}$	37	gr.
Konsekvensklasse	CC2	
Lastkomb., jf. DS/EN 1997 Tabel A.3-1 DK NA	LK2	
Partialkoeffient, γ_φ	1,2	
Reg. friktionsvinkel $\varphi_{pl,d}$	32,1	gr.
Do.	0,561	rad
Rumvægt over GVS γ	20,0	kN/m2
Effektiv rumvægt under GVS γ'	10,0	kN/m3
Afstand fra JOF til GVS h_1	1,90	m
Afstand fra GVS til bund af ankerplade h_2	0,7	m

Ankerplade:

Længde af ankerplade l	2,10	m
Højde af ankerplade h	2,10	m
Bredde af ankerplade w	0,35	m
Afstand mellem ankerplader L	2,80	m
Afstand fra jordoverflade til bund af plade H	2,60	m
Rumvægt af ankerplade γs	25,00	kN/m3
Egenvægt G_w	18,51	kN/m

Ankermodstand:

Ankermodstand (grundtilfælde) R^0	234,322	kN/m
Angrebspunkt z_R^0	0,9622	m
z_R^0/H	0,37	
Ankermodstand R	**221,960**	kN/m
z_R	**0,902**	m

Jordtrykskoefficienter:

Zonebrud K_γ^a	0,241
K_γ	3,83800
ζ_γ	0,348
Lodret ligevægt $K_\gamma \tan\delta_\gamma$	0,436
$\tan\delta_\gamma$	0,114

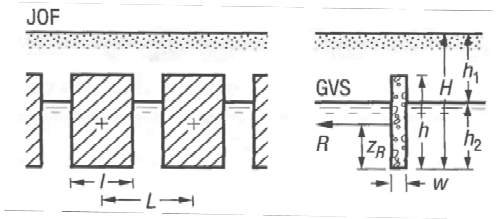
Jordtryk:

Hydrostatisk jordtryk E^h	65,150	kN/m
Hydrostatisk jordtryks moment $z^h E^h$	58,015	kN/m
Angrebspunkt for hydrostatisk jordtryk z^n	0,890	m
Aktivt normaljordtryk E^a	15,724	kN/m
Aktivt tangentialjordtryk F^a	-9,874	kN/m

Korrektionsfaktor:

(For at korrektionsformler kan anvendes må H/L ~1)

H/L	0,93
h/H	0,81
l/L	0,75
Lejringstype	Fast
R/R^v	0,947



Ankre i jord
Ankerplade i sand

Beregninger iht. Lærebog i Geoteknik 1. udgave, 2. oplag. Sikkerhed iht. DS/EN 1991-1 DK/NA:2008

COWI Best Practice

Sag:	Trælastholmen	**Sagsnr.:**	A112240
Emne:	Frokostkanal_Skot_Midl_ALS_Dr	**Dato:**	09-03-2023
Udarb.: CSJO	**Kontrol:** THAD	**Godk.:**	CSJO

Jordparametre:

Kar. friktionsvinkel $\varphi_{pl,k}$	37	gr.
Konsekvensklasse	CC2	
Lastkomb., jf. DS/EN 1997 Tabel A.3-1 DK NA	Brugerdif.	1
Partialkoeffient, γ_φ	1	
Reg. friktionsvinkel $\varphi_{pl,d}$	37,0	gr.
Do.	0,646	rad
Rumvægt over GVS γ	20,0	kN/m2
Effektiv rumvægt under GVS γ'	10,0	kN/m3
Afstand fra JOF til GVS h_1	1,90	m
Afstand fra GVS til bund af ankerplade h_2	0,7	m

Ankerplade:

Længde af ankerplade l	2,10	m
Højde af ankerplade h	2,10	m
Bredde af ankerplade w	0,35	m
Afstand mellem ankerplader L	2,80	m
Afstand fra jordoverflade til bund af plade H	2,60	m
Rumvægt af ankerplade γs	25,00	kN/m3
Egenvægt G_w	18,51	kN/m

Ankermodstand:

Ankermodstand (grundtilfælde) R^0	294,913	kN/m
Angrebspunkt z_R^0	0,9542	m
z_R^0/H	0,37	
Ankermodstand R	**279,354**	kN/m
z_R	**0,895**	m

Jordtrykskoefficienter:

Zonebrud K_γ^a	0,191
K_γ	4,71802
ζ_γ	0,348
Lodret ligevægt $K_\gamma \tan\delta_\gamma$	0,428
$\tan\delta_\gamma$	0,091

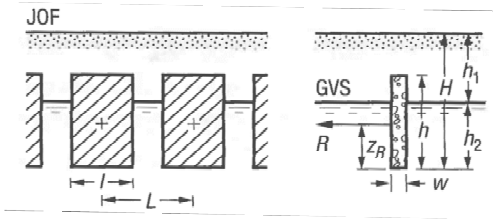
Jordtryk:

Hydrostatisk jordtryk E^h	65,150	kN/m
Hydrostatisk jordtryks moment $z^h E^h$	58,015	kN/m
Angrebspunkt for hydrostatisk jordtryk z^n	0,890	m
Aktivt normaljordtryk E^a	12,466	kN/m
Aktivt tangentialjordtryk F^a	-9,394	kN/m

Korrektionsfaktor:

(For at korrektionsformler kan anvendes må H/L ~1)

H/L	0,93
h/H	0,81
l/L	0,75
Lejringstype	Fast
R/R^v	0,947

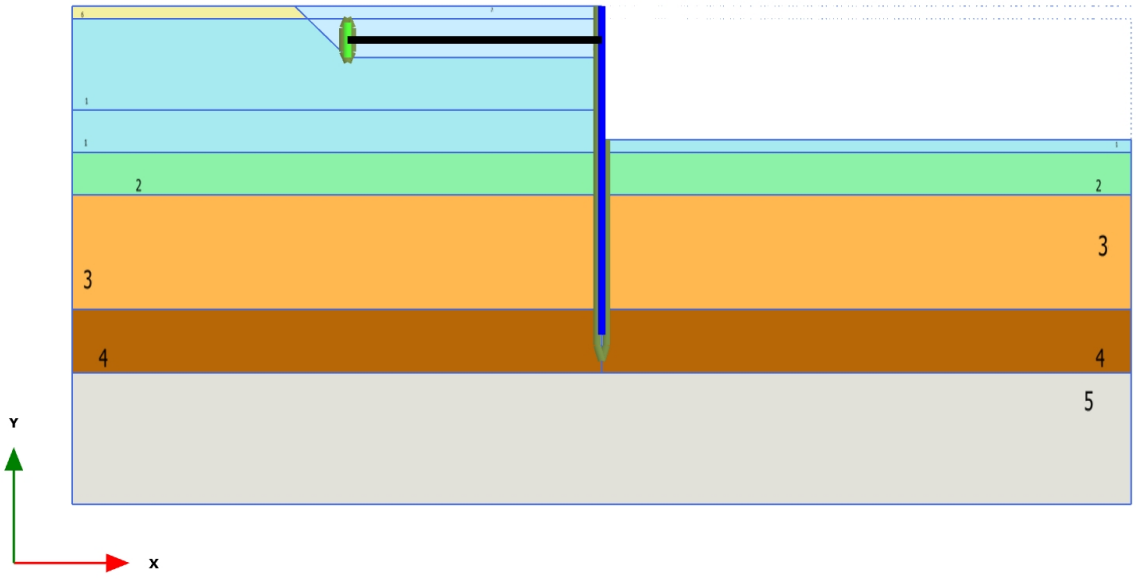


BILAG F

DEFORMATIONSANALYSE

PLAXIS Report

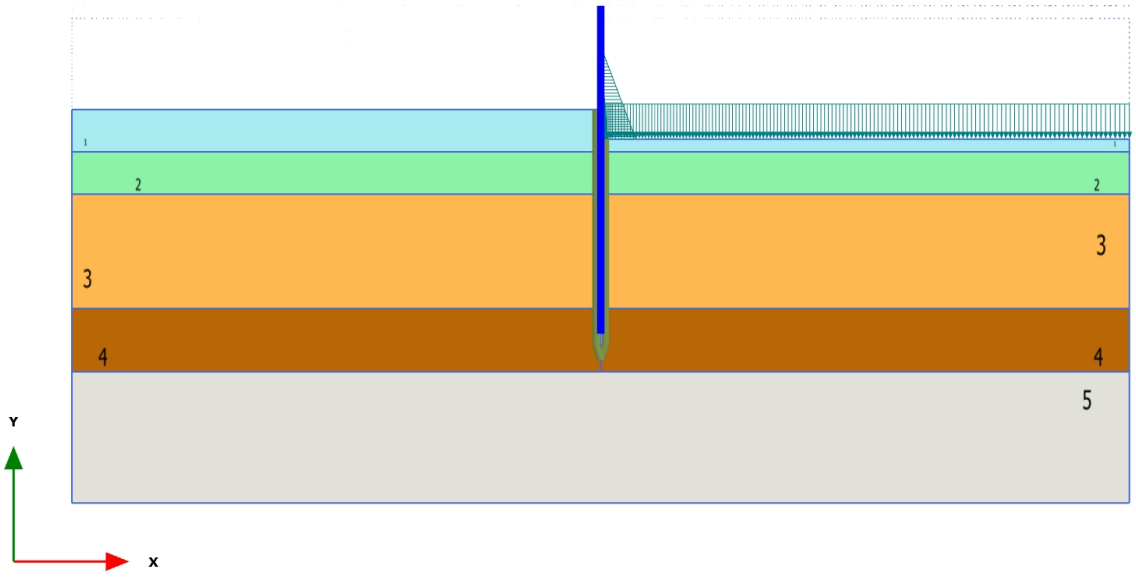
1.1.1.1 Calculation results, Excavation canal [Phase_2] (2/316), Materials plot



Materials plot

2

1.1.1.2 Calculation results, Excavete construction pit [Phase_4] (4/369), Materials plot



Materials plot

1.1.2.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)

Identification		Fill sand/clay	Gyttja	Meltwater sand	Greensand clay	Fill sand (new)
Identification number		1	2	3	4	6
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
γ_{unsat}	kN/m³	20,00	15,00	19,00	20,00	19,00
γ_{sat}	kN/m³	20,00	15,00	20,00	20,00	20,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{init}		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
e_{min}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
e_{max}		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
E	kN/m²	11,14E3	3714	24,92E3	74,29E3	18,57E3
ν (nu)		0,3000	0,3000	0,3500	0,3000	0,3000
G	kN/m²	4286	1429	9231	28,57E3	7143
E_{oed}	kN/m²	15,00E3	5000	40,00E3	100,0E3	25,00E3
c_{ref}	kN/m²	1,000	1,000	1,000	20,00	1,000
φ (phi)	°	35,00	30,00	37,00	35,00	35,00
ψ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Identification		Fill sand/clay	Gyttja	Meltwater sand	Greensand clay	Fill sand (new)
E_{inc}	kN/m²/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
y_{ref}	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
c_{inc}	kN/m²/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
y_{ref}	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m²	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9783	0,9783	0,9699	0,9783	0,9783
ν_u		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref}$ / n	kN/m²	417,9E3	139,3E3	892,3E3	2,786E6	696,4E3
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Manual	Rigid	Rigid	Rigid	Manual
R_{inter}		0,7000	1,000	1,000	1,000	0,7000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R	m² K/kW	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0,4264	0,5000	0,3982	0,4264	0,4264

Identification		Fill sand/clay	Gyttja	Meltwater sand	Greensand clay	Fill sand (new)
$K_{0,z}$		0,4264	0,5000	0,3982	0,4264	0,4264
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
< 2 µm	%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
Use defaults		None	None	None	None	None
k_x	m/day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
k_y	m/day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$-\psi_{unsat}$	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3
e_{init}		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
S_s	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
c_s	kJ/t/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	kW/m/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ρ_s	t/m³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D_v	m²/day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_{Tv}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Unfrozen water content		None	None	None	None	None

1.1.2.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

Identification		Fill sand (compacted)
Identification number		7
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
γ_{unsat}	kN/m³	19,00
γ_{sat}	kN/m³	20,00
Dilatancy cut-off		No
e_{init}		0,5000
e_{min}		0,000
e_{max}		999,0
E	kN/m²	37,14E3
ν (nu)		0,3000
G	kN/m²	14,29E3
E_{oed}	kN/m²	50,00E3
c_{ref}	kN/m²	1,000
φ (phi)	°	37,00

Identification		Fill sand (compacted)
ψ (psi)	°	7,000
Set to default values		Yes
E_{inc}	kN/m²/m	0,000
y_{ref}	m	0,000
c_{inc}	kN/m²/m	0,000
y_{ref}	m	0,000
Tension cut-off		Yes
Tensile strength	kN/m²	0,000
Undrained behaviour		Standard
Skempton-B		0,9783
ν_u		0,4950
$K_{w,ref}$ / n	kN/m²	1,393E6
Stiffness		Standard
Strength		Manual
R_{inter}		0,7000
Consider gap closure		Yes
δ_{inter}		0,000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000

Identification		Fill sand (compacted)
R	m² K/kW	0,000
K_0 determination		Automatic
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes
$K_{0,x}$		0,3982
$K_{0,z}$		0,3982
Data set		Standard
Type		Coarse
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00
Use defaults		None
k_x	m/day	0,000
k_y	m/day	0,000
$-\psi_{unsat}$	m	10,00E3
e_{init}		0,5000
S_s	1/m	0,000
c_k		1000E12
c_s	kJ/t/K	0,000
λ_s	kW/m/K	0,000

Identification		Fill sand (compacted)
ρ_s	t/m³	0,000
Solid thermal expansion		Volumetric
α_s	1/K	0,000
D_v	m²/day	0,000
f_{Tv}		0,000
Unfrozen water content		None

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Limestone
Identification number		5
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
γ_{unsat}	kN/m³	22,00
γ_{sat}	kN/m³	22,00
Dilatancy cut-off		No
e_{init}		0,5000
e_{min}		0,000
e_{max}		999,0
E	kN/m²	371,4E3
ν (nu)		0,3000
G	kN/m²	142,9E3
E_{oed}	kN/m²	500,0E3
Set to default values		Yes
E_{inc}	kN/m²/m	0,000

Identification		Limestone
y_{ref}	m	0,000
Undrained behaviour		Standard
Skempton-B		0,9783
ν_u		0,4950
$K_{w,ref}$ / n	kN/m²	13,93E6
Stiffness		Standard
Strength		Rigid
R_{inter}		1,000
Consider gap closure		Yes
δ_{inter}		0,000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000
R	m² K/kW	0,000
K_0 determination		Automatic
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes
$K_{0,x}$		0,5000
$K_{0,z}$		0,5000
Data set		Standard
Type		Coarse

Identification		Limestone
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00
Use defaults		None
k_x	m/day	0,000
k_y	m/day	0,000
$-\psi_{unsat}$	m	10,00E3
e_{init}		0,5000
S_s	1/m	0,000
c_k		1000E12
c_s	kJ/t/K	0,000
λ_s	kW/m/K	0,000
ρ_s	t/m³	0,000
Solid thermal expansion		Volumetric
α_s	1/K	0,000
D_v	m²/day	0,000
f_{Tv}		0,000
Unfrozen water content		None

1.1.2.2 Materials - Plates -

Identification		AZ24-700 (r=0,73 mm)	Anchor plate
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastoplastic	Elastic
Isotropic		Yes	Yes
EA_1	kN/m	3,420E6	20,50E6
EA_2	kN/m	3,420E6	20,50E6
EI	kN m²/m	110,0E3	209,0E3
d	m	0,6213	0,3498
w	kN/m/m	1,345	0,000
ν (nu)		0,2500	0,2500
M_p	kN m/m	733,0	1000E12
$N_{p,1}$	kN/m	10,00E9	10,00E9
$N_{p,2}$	kN/m	10,00E9	10,00E9
Rayleigh α		0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000

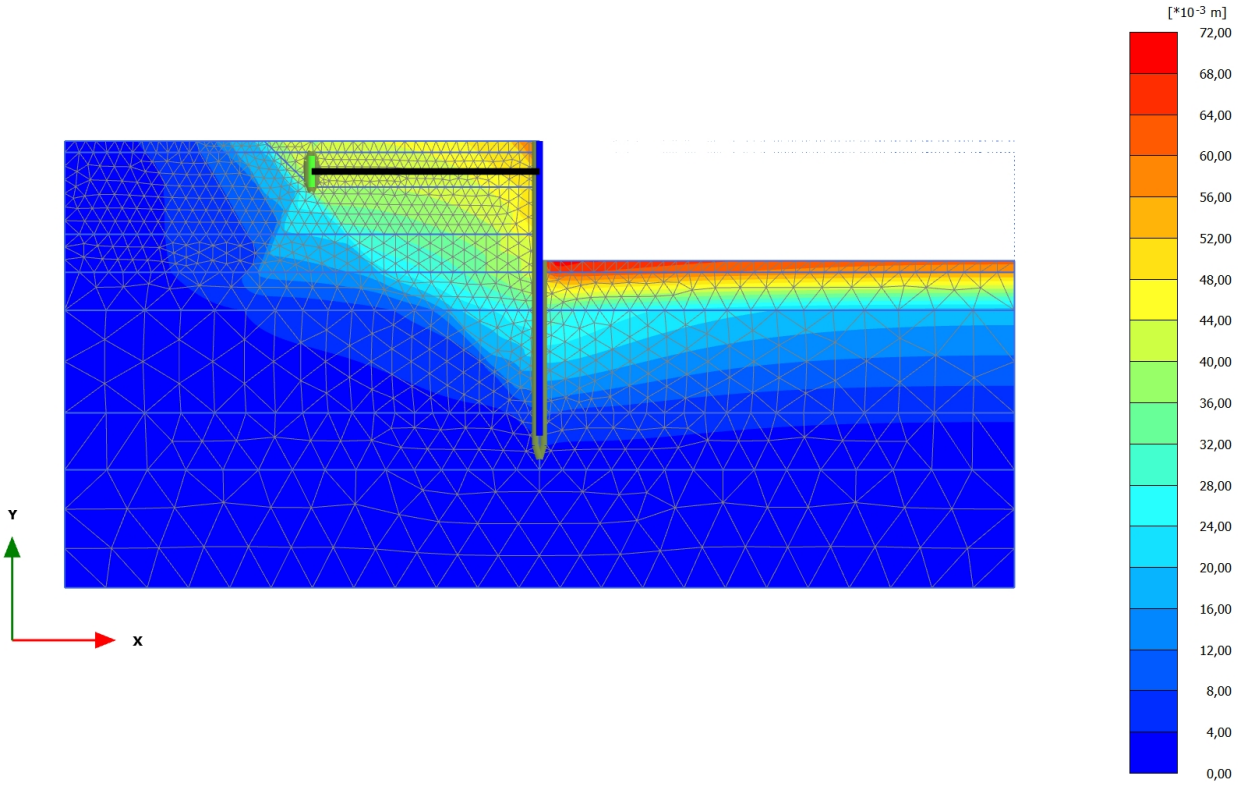
Identification		AZ24-700 (r=0,73 mm)	Anchor plate
Prevent punching		Yes	No
Identification number		1	2
c	kJ/t/K	0,000	0,000
λ	kW/m/K	0,000	0,000
ρ	t/m³	0,000	0,000
α	1/K	0,000	0,000

1.1.2.3 Materials - Anchors -

Identification		Ø43/2,8m (r=0,18mm)
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastic
EA	kN	299,9E3
$L_{spacing}$	m	2,800
Identification number		1
c	kJ/t/K	0,000
λ	kW/m/K	0,000
ρ	t/m³	0,000
α	1/K	0,000
Identification number		1
c	kJ/t/K	0,000
λ	kW/m/K	0,000
ρ	t/m³	0,000
α	1/K	0,000

Identification		Ø43/2,8m (r=0,18mm)
A	m²	0,000
Identification number		1
c	kJ/t/K	0,000
λ	kW/m/K	0,000
ρ	t/m³	0,000
α	1/K	0,000
A	m²	0,000

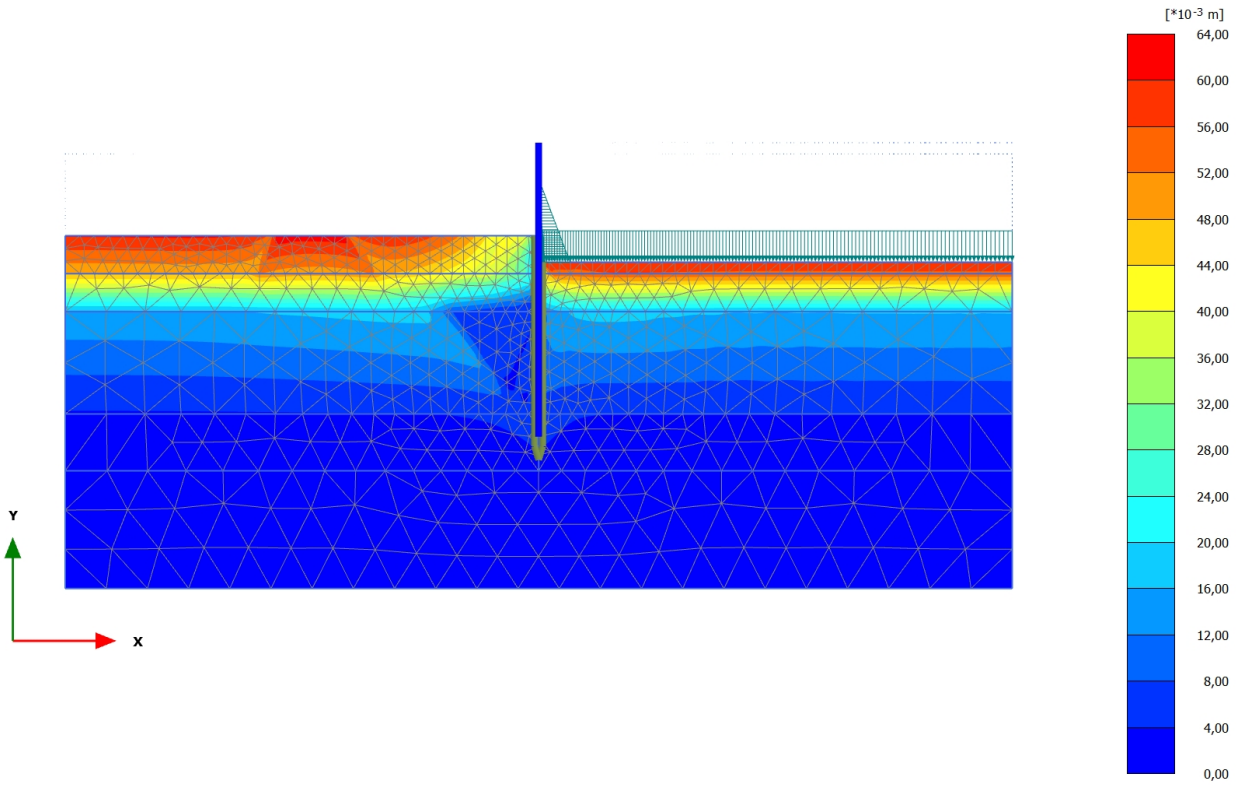
2.1.1.1.1 Calculation results, Excavation canal [Phase_2] (2/316), Total displacements |u|



Total displacements |u| (scaled up 20,0 times)

Maximum value = 0,07047 m (Element 1702 at Node 13530)

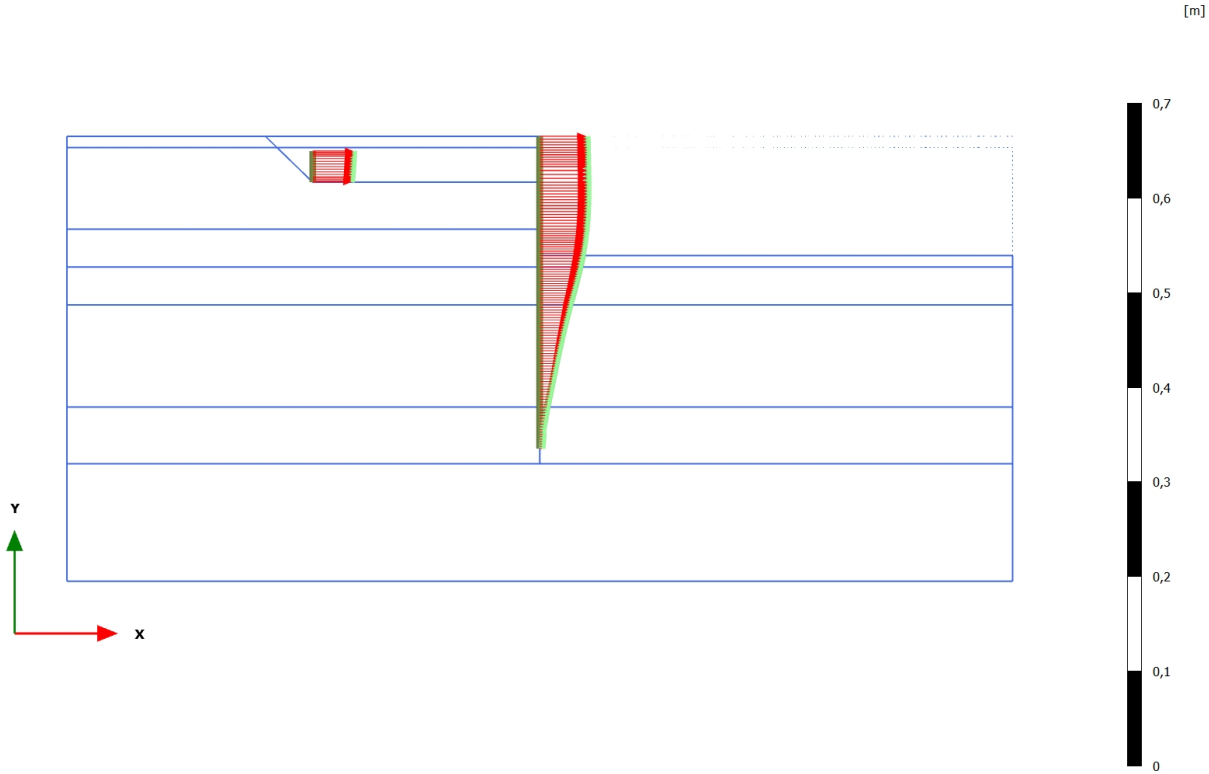
2.1.1.1.2 Calculation results, Excavete construction pit [Phase_4] (4/369), Total displacements |u|



Total displacements |u| (scaled up 20,0 times)

Maximum value = 0,06291 m (Element 1500 at Node 6523)

3.1.1.1.1.1 Calculation results, Interface, Excavation canal [Phase_2] (2/316), Total displacements u_x

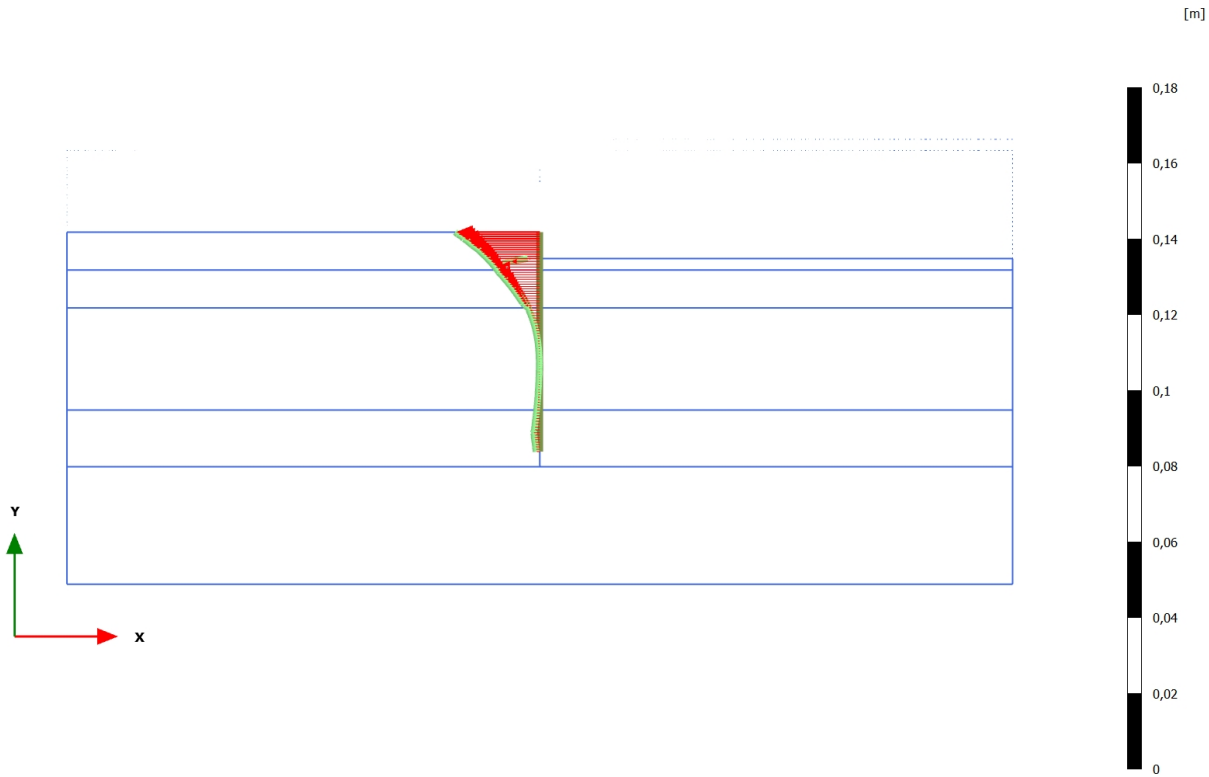


Total displacements u_x (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,05115 m (Element 21 at Node 9505)

Minimum value = $2{,}528 \cdot 10^{-3}$ m (Element 65 at Node 15057)

3.1.1.1.1.2 Calculation results, Interface, Excavete construction pit [Phase_4] (4/369), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 200 times)

Maximum value = $0{,}05518 * 10^{-3}$ m (Element 45 at Node 13505)

Minimum value = -0,02236 m (Element 28 at Node 10683)

BILAG G

DIMENSIONERING AF ANKERBOLTE OG STRÆK

Tie Back System:
Cross Section and Member Analysis

COWI
Best Practice

Calculations in accordance with DS/EN 1993-1-1:2007, DS/EN 1993-5:2007, DS/EN 1993-8:2007 and DK NA. **Version 2.1**

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of waling, tie rods and fixing bolts respecting occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, forankring og stræk, ULS		**Date:**	17-03-2023
Prepared by: CSJO	**Checked by:** THAD	**Approved by:** CSJO	

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state: ULS

Control class (γ_3): Normal

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.35$

Geometrical and Material Properties

Waling:

Profile: UNP240

Spacing between UNP-profiles: $\Delta_{waling} := 60mm$

Steel grade: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.waling} = 355 \cdot MPa$

Tie rod incl. bearing plate:

Profile: SAS670 Ø43

Only used if "custom" is chosen in drop-down menu.

Yield strength: $f_{yk.tierod.custom} := 500MPa$

Ultimate strength: $f_{uk.tierod.custom} := 600MPa$

Diameter of tie rod (threaded part): $d_{tierod.init.custom} := 45mm$

Max. diameter of tie rod (nominel diameter): $d_{tierod.max.init.custom} := 45mm$

Stress area: $A_{s.tierod.init.custom} := 1963mm^2$

Notch factor: $k_{t.tierod.custom} := 0.9$

c-c distance between tie rods: $cc_{tierod} := 2800mm$

Characteristic yield strength: $f_{yk.tierod} = 670 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.tierod} = 800 \cdot MPa$

Thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} := 45mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} := 185mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} := 185mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.rod.init} := 50mm$

Steel grade of bearing plate: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.rod} = 335 \cdot MPa$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Profile: M36

c-c distance between fixing bolts: $cc_{bolt} := 2800mm$

Number of fixing bolts per double sheet: $n_{bolt} := 2$

Bolt class: 8.8

Characteristic yield strength: $f_{yk.bolt} = 640 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.bolt} = 800 \cdot MPa$

Thread type: Rolled thread

Thickness of steel plate: $t_{bpl.bolt.init} := 30mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} := 100mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} := 150mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.bolt.init} := 43mm$

Steel grade of bearing plate: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.bolt} = 335 \cdot MPa$

Corrosion

Waling:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.waling} := 5$

Corrosion rates for design: Non-compacted and non-aggressive fills

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.waling} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for waling:

	Before corrosion:	After corrosion:
Height of profile:	$h_{waling.init} = 240 \cdot mm$	$h_{waling.cor} = 239.6 \cdot mm$
Width of profile:	$b_{waling.init} = 85 \cdot mm$	$b_{waling.cor} = 84.6 \cdot mm$
Thickness of web:	$d_{waling.init} = 9.5 \cdot mm$	$d_{waling.cor} = 9.1 \cdot mm$
Thickness of flange:	$t_{waling.init} = 13 \cdot mm$	$t_{waling.cor} = 12.6 \cdot mm$
Plastic section modulus:	$W_{y.waling.init} = 358 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{y.waling.cor} = 348.1 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Plastic section modulus:	$W_{z.waling.init} = 75.7 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{z.waling.cor} = 73.6 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Moment of inertia:	$I_{y.waling.init} = 36 \cdot 10^6 \cdot mm^4$	$I_{y.waling.cor} = 35 \cdot 10^6 \cdot mm^4$

Tie rod incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.tierod} := 5$

Corrosion rates for design: Non-compacted and non-aggressive fills

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.tierod} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for tie rod incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Tensile stress area of the bolt:	$A_{s.tierod.init} = 1452 \cdot mm^2$	$A_{s.tierod.cor} = 1428 \cdot mm^2$
Diameter of bolt:	$d_{tierod.init} = 43 \cdot mm$	$d_{tierod.cor} = 42.6 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$	$t_{bpl.rod.cor} = 44.6 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$b_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$h_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$	$d_{bpl.rod.cor} = 50.4 \cdot mm$
Plastic section modulus of plate:	$W_{bpl.rod.init} = 68.3 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.rod.cor} = 66.9 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.bolt} := 5$

Corrosion rates for design: Sea water in temperate climate in the zone of high attack

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.bolt} = 0.55 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for fixing bolt incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Stress area of the bolt:	$A_{s.bolt.init} = 817 \cdot mm^2$	$A_{s.bolt.cor} = 762.2 \cdot mm^2$
Diameter of the bolt:	$d_{bolt.init} = 36 \cdot mm$	$d_{bolt.cor} = 34.9 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$	$t_{bpl.bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$	$b_{bpl.bolt.cor} = 98.9 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$	$d_{bpl.bolt.cor} = 44.1 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$	$h_{bpl.bolt.cor} = 148.9 \cdot mm$
Plastic section modulus of profile/plate:	$W_{bpl.bolt.init} = 12.8 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.bolt.cor} = 11.4 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Loadings

Horisontal design anchor load: $q_{ed.h} := 182 \frac{kN}{m}$

Angle of anchor: $\varphi := 0 \cdot deg$

Design anchor load: $q_{ed} := \frac{q_{ed.h}}{\cos(\varphi)}$ $\quad q_{ed} = 182 \cdot \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Waling Capacity

Two cross-sections are investigated; over tie rods and over fixing bolts.

Design uniform surcharge load: $p := 20 \frac{kN}{m^2}$

Effective specific gravity of soil above waling: $\gamma_{soil} := 20 \frac{kN}{m^3}$

Terrain level behind sheet pile wall: $K_t := 3.5m$

Waling level (center level): $K_w := 1.9m$

Lateral loading:

Is the waling loaded with lateral loads?: No

Total lateral load from dead weight, soil and load: $p_{tot} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Moment between fixing bolts: $M_{L1} := 0.077 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L1} = 0 \cdot kN \cdot m$

Moment over fixing bolts: $M_{L2} := 0.107 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L2} = 0 \cdot kN \cdot m$

Shear over fixing bolts: $Q_L := \frac{1}{2} \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Moment between tie rods: $M_{H1} := 0.077 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H1} = 109.9 \cdot kN \cdot m$

Moment over tie rods: $M_{H2} := 0.107 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H2} = 152.7 \cdot kN \cdot m$

Shear over tie rods: $Q_H := 0.5 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_H = 254.8 \cdot kN$

Shear Force:

Shear area: $A_{v.waling} := d_{waling} \cdot (h_{waling} - 2 \cdot t_{waling})$

$A_{v.waling} = 1959.3 \cdot mm^2$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd.waling} := 2 \cdot \frac{A_{v.waling} \cdot \left(\frac{f_{yk.waling}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}}$

$V_{pl.Rd.waling} = 730.1 \cdot kN$

Relative utilization ratios: $u_{rel1.V} := \frac{Q_L}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel1.V} = 0 \cdot \%$

$u_{rel2.V} := \frac{Q_H}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel2.V} = 35 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

Bending Moment

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd1.waling} = 224.7 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} = 47.5 \cdot kN \cdot m$$

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd2.waling} = 224.7 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} = 47.5 \cdot kN \cdot m$$

Relative utilization ratio:

$$\eta_{waling.M1} := \left(\frac{M_{L2}}{M_{pl.z.Rd1.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H1}}{M_{pl.y.Rd1.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M2} := \left(\frac{M_{L1}}{M_{pl.z.Rd2.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H2}}{M_{pl.y.Rd2.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M} := \max(\eta_{waling.M1}, \eta_{waling.M2})$$

$$\eta_{waling.M} = 68 \cdot \%$$

$$Waling_{control} := \text{if}(\eta_{waling.M} \le 100\%, \text{"Waling OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Waling OK"}$$

Control of spacing between walings:

Spacing between walings: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Control: $\Delta_{ctrl} := \tan(\varphi) \cdot h_{waling} + d_{tierod.max.init}$

$$\Delta_{ctrl} = 48 \cdot mm$$

Spacing left: $\Delta_{rest} := \Delta_{waling} - \Delta_{ctrl}$ $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

$$Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$$

Tie Rods incl. bearing plate

Tie rods:

Design anchor load: $Q_{ed} := q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_{ed} = 509.6 \cdot kN$

Required stress area: $A_{s.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{k_{t.tierod} \cdot \dfrac{f_{uk.tierod}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.tierod} = 860 \cdot mm^2$

$A_{g.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{\dfrac{f_{yk.tierod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad A_{g.req.tierod} = 836.7 \cdot mm^2$

Relative utilization ratio:

$\eta_{tierod} := \max\left(\dfrac{A_{s.req.tierod}}{A_{s.tierod}}, \dfrac{A_{g.req.tierod}}{A_{g.tierod}}\right)$ $\quad \eta_{tierod} = 60.2 \cdot \%$

$Tierod_{control} := \text{if}\left(\eta_{tierod} < 100\%, \text{"Tie rod OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Tie rod OK"}$

Bearing plate:

Recommended min. plate height: $h_{bpl.rod.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.rod.min} = 120 \cdot mm$

$Tierod_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \dfrac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.rod.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.rod} := \frac{\dfrac{q_{ed} \cdot cc_{tierod}}{d_{bpl.rod}} \cdot d_{bpl.rod}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right]$$

$M_{bpl.rod} = 5.7 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.rod} := \dfrac{M_{bpl.rod}}{W_{bpl.rod}}$ $\quad \sigma_{bpl.rod} = 85.5 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.rod} := \dfrac{\sigma_{bpl.rod}}{\dfrac{f_{yk.bpl.rod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad \eta_{bpl.rod} = 28.1 \cdot \%$

$Tierod_{bpl2.control} := \text{if}\left(\eta_{bpl.rod} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Bearing plate OK"}$

Fixing bolts

Lateral loading:

Shear per bolt: $Q_{L.2} := \frac{1}{n_{bolt}} p_{tot2} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_{L.2} = 0 \cdot kN$

Tension per bolt: $T_L := \frac{1}{2} \cdot h_{waling} \cdot \frac{Q_{L.2}}{\frac{1}{2} \cdot (\Delta_{waling} + d_{waling})}$

$T_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Design load: $Q_{H.2} := \frac{q_{ed} \cdot cc_{bolt}}{n_{bolt}}$ $\quad Q_{H.2} = 254.8 \cdot kN$

Required bolt area:

Required stress area: $A_{s.req.bolt} := \frac{(Q_{H.2} + T_L)}{k_t \cdot \frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.bolt} = 477.8 \cdot mm^2$

Factor α_v: $\alpha_v = 0.6$

Required shear area: $A_{s.req.bolt2} := \frac{Q_{L.2}}{\frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}} \cdot \alpha_v}$ $\quad A_{s.req.bolt2} = 0 \cdot mm^2$

Combined shear and tension: $\eta_{bolt1} := \frac{A_{s.req.bolt2}}{A_{s.bolt}} + \frac{A_{s.req.bolt}}{1.4 \cdot A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt1} = 44.8 \cdot \%$

Relative utilization ratio: $\eta_{bolt2} := \frac{\max(A_{s.req.bolt}, A_{s.req.bolt2})}{A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt2} = 62.7 \cdot \%$

$Bolt_c := \text{if}(\eta_{bolt1} \le 1 \wedge \eta_{bolt2} \le 1, \text{"Bolt OK"}, \text{"Failure"}) = \text{"Bolt OK"}$

Bearing plate:

Minimum plate height: $h_{bpl.bolt.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.bolt.min} = 120 \cdot mm$

$Fixing_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \frac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.bolt.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.bolt} := \frac{\frac{(Q_{H.2} + T_L)}{d_{bpl.bolt}} \cdot d_{bpl.bolt}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right]$$

$M_{bpl.bolt} = 3.1 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.bolt} := \frac{M_{bpl.bolt}}{W_{bpl.bolt}}$ $\sigma_{bpl.bolt} = 273.3 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.bolt} := \frac{\sigma_{bpl.bolt}}{\frac{f_{yk.bpl.bolt}}{\gamma_{M0}}}$ $\eta_{bpl.bolt} = 89.8 \cdot \%$

$Fixing_{bpl2.control} := if(\eta_{bpl.bolt} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Bearing plate OK"}$

RESUME

Waling

Profile: $typ_{waling} = \text{"UNP240"}$

Steel grade: $steelgrade_{waling.typ} = \text{"S355"}$

$Control_{shear} = \text{"No reduction in the design moment resistance due to shear force."}$

Utilization ratio, waling: $\eta_{waling.M} = 68 \cdot \%$

Control, waling: $Waling_{control} = \text{"Waling OK"}$

Spacing between UNPs: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Spacing left (rest): $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

Control, spacing: $Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{waling.typ} = \text{"Yes"}$

Cross section class: $CSC_{waling} = \text{"Class 1 or 2"}$

Tie Rods

Tie rods:

Tie rod: $tierod_{.type} = \text{"SAS670 Ø43"}$

Utilization ratio, tie rods: $\eta_{tierod} = 60.2 \cdot \%$

Control, tie rods: $Tierod_{control} = \text{"Tie rod OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{tierod.typ} = \text{"Yes"}$

c-c distance: $cc_{tierod} = 2800 \cdot mm$

Angle of anchor: $\varphi = 0 \cdot deg$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$

Control, bearing plate height: $Tierod_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.rod.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.rod} = 28.1 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Tierod_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Fixing Bolts

Fixing bolts:

Fixinh bolts: $fixingbolt_{type}$ = "M36"

Steel grade: $bolt_{type}$ = "8.8"

Utilization ratio, fixing bolts: $\eta_{bolt} = 62.7 \cdot \%$

Control, fixing bolts: $Bolt_c$ = "Bolt OK"

Corrosion included in calculations? $cor_{bolt.typ}$ = "Yes"

c-c distance: $cc_{bolt} = 2800 \cdot mm$

Number of fixing bolts: $n_{bolt} = 2$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$

Control, bearing plate height:

$Fixing_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.bolt.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.bolt} = 89.8 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Fixing_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Tie Back System:
Cross Section and Member Analysis

COWI
Best Practice

Calculations in accordance with DS/EN 1993-1-1:2007, DS/EN 1993-5:2007, DS/EN 1993-8:2007 and DK NA. **Version 2.1**

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of waling, tie rods and fixing bolts respecting occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, forankring og stræk, ULS		**Date:**	17-03-2023
Prepared by: CSJO	**Checked by:** THAD	**Approved by:** CSJO	

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state: ALS

Control class (γ_3): Normal

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1$

Geometrical and Material Properties

Waling:

Profile: UNP240

Spacing between UNP-profiles: $\Delta_{waling} := 60mm$

Steel grade: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.waling} = 355 \cdot MPa$

Tie rod incl. bearing plate:

Profile: SAS670 Ø43

Only used if "custom" is chosen in drop-down menu.

Yield strength: $f_{yk.tierod.custom} := 500MPa$

Ultimate strength: $f_{uk.tierod.custom} := 600MPa$

Diameter of tie rod (threaded part): $d_{tierod.init.custom} := 45mm$

Max. diameter of tie rod (nominel diameter): $d_{tierod.max.init.custom} := 45mm$

Stress area: $A_{s.tierod.init.custom} := 1963mm^2$

Notch factor: $k_{t.tierod.custom} := 0.9$

c-c distance between tie rods: $cc_{tierod} := 2800mm$

Characteristic yield strength: $f_{yk.tierod} = 670 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.tierod} = 800 \cdot MPa$

Thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} := 45mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} := 185mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} := 185mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.rod.init} := 50mm$

Steel grade of bearing plate: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.rod} = 335 \cdot MPa$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Profile: M36

c-c distance between fixing bolts: $cc_{bolt} := 2800mm$

Number of fixing bolts per double sheet: $n_{bolt} := 2$

Bolt class: 8.8

Characteristic yield strength: $f_{yk.bolt} = 640 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.bolt} = 800 \cdot MPa$

Thread type: Cut thread

Thickness of steel plate: $t_{bpl.bolt.init} := 30mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} := 100mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} := 150mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.bolt.init} := 43mm$

Steel grade of bearing plate: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.bolt} = 335 \cdot MPa$

Corrosion

Waling:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.waling} := 5$

Corrosion rates for design: Non-compacted and non-aggressive fills

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.waling} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for waling:

	Before corrosion:	After corrosion:
Height of profile:	$h_{waling.init} = 240 \cdot mm$	$h_{waling.cor} = 239.6 \cdot mm$
Width of profile:	$b_{waling.init} = 85 \cdot mm$	$b_{waling.cor} = 84.6 \cdot mm$
Thickness of web:	$d_{waling.init} = 9.5 \cdot mm$	$d_{waling.cor} = 9.1 \cdot mm$
Thickness of flange:	$t_{waling.init} = 13 \cdot mm$	$t_{waling.cor} = 12.6 \cdot mm$
Plastic section modulus:	$W_{y.waling.init} = 358 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{y.waling.cor} = 348.1 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Plastic section modulus:	$W_{z.waling.init} = 75.7 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{z.waling.cor} = 73.6 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Moment of inertia:	$I_{y.waling.init} = 36 \cdot 10^6 \cdot mm^4$	$I_{y.waling.cor} = 35 \cdot 10^6 \cdot mm^4$

Tie rod incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.tierod} := 5$

Corrosion rates for design: Non-compacted and non-aggressive fills

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.tierod} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for tie rod incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Tensile stress area of the bolt:	$A_{s.tierod.init} = 1452 \cdot mm^2$	$A_{s.tierod.cor} = 1428 \cdot mm^2$
Diameter of bolt:	$d_{tierod.init} = 43 \cdot mm$	$d_{tierod.cor} = 42.6 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$	$t_{bpl.rod.cor} = 44.6 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$b_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$h_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$	$d_{bpl.rod.cor} = 50.4 \cdot mm$
Plastic section modulus of plate:	$W_{bpl.rod.init} = 68.3 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.rod.cor} = 66.9 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.bolt} := 5$

Corrosion rates for design: Sea water in temperate climate in the zone of high attack

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.bolt} = 0.55 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?: Yes

Sectional properties for fixing bolt incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Stress area of the bolt:	$A_{s.bolt.init} = 817 \cdot mm^2$	$A_{s.bolt.cor} = 762.2 \cdot mm^2$
Diameter of the bolt:	$d_{bolt.init} = 36 \cdot mm$	$d_{bolt.cor} = 34.9 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$	$t_{bpl.bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$	$b_{bpl.bolt.cor} = 98.9 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$	$d_{bpl.bolt.cor} = 44.1 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$	$h_{bpl.bolt.cor} = 148.9 \cdot mm$
Plastic section modulus of profile/plate:	$W_{bpl.bolt.init} = 12.8 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.bolt.cor} = 11.4 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Loadings

Horisontal design anchor load: $q_{ed.h} := 213 \frac{kN}{m}$

Angle of anchor: $\varphi := 0 \cdot deg$

Design anchor load: $q_{ed} := \frac{q_{ed.h}}{\cos(\varphi)}$ $\quad q_{ed} = 213 \cdot \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Waling Capacity

Two cross-sections are investigated; over tie rods and over fixing bolts.

Design uniform surcharge load: $p := 20 \frac{kN}{m^2}$

Effective specific gravity of soil above waling: $\gamma_{soil} := 20 \frac{kN}{m^3}$

Terrain level behind sheet pile wall: $K_t := 3.5m$

Waling level (center level): $K_w := 1.9m$

Lateral loading:

Is the waling loaded with lateral loads?: No

Total lateral load from dead weight, soil and load: $p_{tot} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Moment between fixing bolts: $M_{L1} := 0.077 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L1} = 0 \cdot kN \cdot m$

Moment over fixing bolts: $M_{L2} := 0.107 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L2} = 0 \cdot kN \cdot m$

Shear over fixing bolts: $Q_L := \frac{1}{2} \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Moment between tie rods: $M_{H1} := 0.077 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H1} = 128.6 \cdot kN \cdot m$

Moment over tie rods: $M_{H2} := 0.107 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H2} = 178.7 \cdot kN \cdot m$

Shear over tie rods: $Q_H := 0.5 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_H = 298.2 \cdot kN$

Shear Force:

Shear area: $A_{v.waling} := d_{waling} \cdot (h_{waling} - 2 \cdot t_{waling})$

$A_{v.waling} = 1959.3 \cdot mm^2$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd.waling} := 2 \cdot \frac{A_{v.waling} \cdot \left(\frac{f_{yk.waling}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}}$

$V_{pl.Rd.waling} = 803.1 \cdot kN$

Relative utilization ratios: $u_{rel1.V} := \frac{Q_L}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel1.V} = 0 \cdot \%$

$u_{rel2.V} := \frac{Q_H}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel2.V} = 37 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

Bending Moment

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd1.waling} = 247.1 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} = 52.3 \cdot kN \cdot m$$

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd2.waling} = 247.1 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} = 52.3 \cdot kN \cdot m$$

Relative utilization ratio:

$$\eta_{waling.M1} := \left(\frac{M_{L2}}{M_{pl.z.Rd1.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H1}}{M_{pl.y.Rd1.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M2} := \left(\frac{M_{L1}}{M_{pl.z.Rd2.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H2}}{M_{pl.y.Rd2.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M} := \max(\eta_{waling.M1}, \eta_{waling.M2})$$

$$\eta_{waling.M} = 72 \cdot \%$$

$$Waling_{control} := \text{if}(\eta_{waling.M} \le 100\%, \text{"Waling OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Waling OK"}$$

Control of spacing between walings:

Spacing between walings: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Control: $\Delta_{ctrl} := \tan(\varphi) \cdot h_{waling} + d_{tierod.max.init}$

$$\Delta_{ctrl} = 48 \cdot mm$$

Spacing left: $\Delta_{rest} := \Delta_{waling} - \Delta_{ctrl}$ $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

$$Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$$

Tie Rods incl. bearing plate

Tie rods:

Design anchor load: $Q_{ed} := q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_{ed} = 596.4 \cdot kN$

Required stress area: $A_{s.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{k_{t.tierod} \cdot \dfrac{f_{uk.tierod}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.tierod} = 745.5 \cdot mm^2$

$A_{g.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{\dfrac{f_{yk.tierod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad A_{g.req.tierod} = 890.1 \cdot mm^2$

Relative utilization ratio:

$\eta_{tierod} := \max\left(\dfrac{A_{s.req.tierod}}{A_{s.tierod}}, \dfrac{A_{g.req.tierod}}{A_{g.tierod}}\right)$ $\quad \eta_{tierod} = 62.3 \cdot \%$

$Tierod_{control} := \text{if}\left(\eta_{tierod} < 100\%, \text{"Tie rod OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Tie rod OK"}$

Bearing plate:

Recommended min. plate height: $h_{bpl.rod.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.rod.min} = 120 \cdot mm$

$Tierod_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \dfrac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.rod.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.rod} := \frac{\dfrac{q_{ed} \cdot cc_{tierod}}{d_{bpl.rod}} \cdot d_{bpl.rod}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right]$$

$M_{bpl.rod} = 6.7 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.rod} := \dfrac{M_{bpl.rod}}{W_{bpl.rod}}$ $\quad \sigma_{bpl.rod} = 100 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.rod} := \dfrac{\sigma_{bpl.rod}}{\dfrac{f_{yk.bpl.rod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad \eta_{bpl.rod} = 29.9 \cdot \%$

$Tierod_{bpl2.control} := \text{if}\left(\eta_{bpl.rod} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Bearing plate OK"}$

Fixing bolts

Lateral loading:

Shear per bolt: $Q_{L.2} := \frac{1}{n_{bolt}} p_{tot2} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_{L.2} = 0 \cdot kN$

Tension per bolt: $T_L := \frac{1}{2} \cdot h_{waling} \cdot \frac{Q_{L.2}}{\frac{1}{2} \cdot (\Delta_{waling} + d_{waling})}$

$T_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Design load: $Q_{H.2} := \frac{q_{ed} \cdot cc_{bolt}}{n_{bolt}}$ $\quad Q_{H.2} = 298.2 \cdot kN$

Required bolt area:

Required stress area: $A_{s.req.bolt} := \frac{(Q_{H.2} + T_L)}{k_t \cdot \frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.bolt} = 487.3 \cdot mm^2$

Factor α_v: $\alpha_v = 0.5$

Required shear area: $A_{s.req.bolt2} := \frac{Q_{L.2}}{\frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}} \cdot \alpha_v}$ $\quad A_{s.req.bolt2} = 0 \cdot mm^2$

Combined shear and tension: $\eta_{bolt1} := \frac{A_{s.req.bolt2}}{A_{s.bolt}} + \frac{A_{s.req.bolt}}{1.4 \cdot A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt1} = 45.7 \cdot \%$

Relative utilization ratio: $\eta_{bolt2} := \frac{\max(A_{s.req.bolt}, A_{s.req.bolt2})}{A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt2} = 63.9 \cdot \%$

$Bolt_c := \text{if}(\eta_{bolt1} \le 1 \wedge \eta_{bolt2} \le 1, \text{"Bolt OK"}, \text{"Failure"}) = \text{"Bolt OK"}$

Bearing plate:

Minimum plate height: $h_{bpl.bolt.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.bolt.min} = 120 \cdot mm$

$Fixing_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \frac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.bolt.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.bolt} := \frac{\frac{(Q_{H.2} + T_L)}{d_{bpl.bolt}} \cdot d_{bpl.bolt}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right]$$

$M_{bpl.bolt} = 3.7 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.bolt} := \frac{M_{bpl.bolt}}{W_{bpl.bolt}}$ $\sigma_{bpl.bolt} = 319.9 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.bolt} := \frac{\sigma_{bpl.bolt}}{\frac{f_{yk.bpl.bolt}}{\gamma_{M0}}}$ $\eta_{bpl.bolt} = 95.5 \cdot \%$

$Fixing_{bpl2.control} := if(\eta_{bpl.bolt} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Bearing plate OK"}$

RESUME

Waling

Profile: $typ_{waling} = \text{"UNP240"}$

Steel grade: $steelgrade_{waling.typ} = \text{"S355"}$

$Control_{shear} = \text{"No reduction in the design moment resistance due to shear force."}$

Utilization ratio, waling: $\eta_{waling.M} = 72 \cdot \%$

Control, waling: $Waling_{control} = \text{"Waling OK"}$

Spacing between UNPs: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Spacing left (rest): $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

Control, spacing: $Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{waling.typ} = \text{"Yes"}$

Cross section class: $CSC_{waling} = \text{"Class 1 or 2"}$

Tie Rods

Tie rods:

Tie rod: $tierod_{.type} = \text{"SAS670 Ø43"}$

Utilization ratio, tie rods: $\eta_{tierod} = 62.3 \cdot \%$

Control, tie rods: $Tierod_{control} = \text{"Tie rod OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{tierod.typ} = \text{"Yes"}$

c-c distance: $cc_{tierod} = 2800 \cdot mm$

Angle of anchor: $\varphi = 0 \cdot deg$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$

Control, bearing plate height: $Tierod_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.rod.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.rod} = 29.9 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Tierod_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Fixing Bolts

Fixing bolts:

Fixinh bolts: $fixingbolt_{type}$ = "M36"

Steel grade: $bolt_{type}$ = "8.8"

Utilization ratio, fixing bolts: $\eta_{bolt} = 63.9 \cdot \%$

Control, fixing bolts: $Bolt_c$ = "Bolt OK"

Corrosion included in calculations? $cor_{bolt.typ}$ = "Yes"

c-c distance: $cc_{bolt} = 2800 \cdot mm$

Number of fixing bolts: $n_{bolt} = 2$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$

Control, bearing plate height:

$Fixing_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.bolt.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.bolt} = 95.5 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Fixing_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Tie Back System:
Cross Section and Member Analysis

COWI
Best Practice

Calculations in accordance with DS/EN 1993-1-1:2007, DS/EN 1993-5:2007, DS/EN 1993-8:2007 and DK NA. **Version 2.1**

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of waling, tie rods and fixing bolts respecting occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, forankring og stræk, ULS		**Date:**	17-03-2023
Prepared by: CSJO	**Checked by:** THAD	**Approved by:** CSJO	

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state: ULS

Control class (γ_3): Normal

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.35$

Geometrical and Material Properties

Waling:

Profile: UNP240

Spacing between UNP-profiles: $\Delta_{waling} := 60mm$

Steel grade: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.waling} = 355 \cdot MPa$

Tie rod incl. bearing plate:

Profile: SAS670 Ø43

Only used if "custom" is chosen in drop-down menu.

Yield strength: $f_{yk.tierod.custom} := 500MPa$

Ultimate strength: $f_{uk.tierod.custom} := 600MPa$

Diameter of tie rod (threaded part): $d_{tierod.init.custom} := 45mm$

Max. diameter of tie rod (nominel diameter): $d_{tierod.max.init.custom} := 45mm$

Stress area: $A_{s.tierod.init.custom} := 1963mm^2$

Notch factor: $k_{t.tierod.custom} := 0.9$

c-c distance between tie rods: $cc_{tierod} := 2800mm$

Characteristic yield strength: $f_{yk.tierod} = 670 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.tierod} = 800 \cdot MPa$

Thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} := 45mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} := 185mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} := 185mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.rod.init} := 50mm$

Steel grade of bearing plate:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.rod} = 335 \cdot MPa$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Profile:

c-c distance between fixing bolts: $cc_{bolt} := 1400mm$

Number of fixing bolts per double sheet: $n_{bolt} := 2$

Bolt class:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bolt} = 640 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.bolt} = 800 \cdot MPa$

Thread type:

Thickness of steel plate: $t_{bpl.bolt.init} := 30mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} := 100mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} := 150mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.bolt.init} := 43mm$

Steel grade of bearing plate:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.bolt} = 335 \cdot MPa$

Corrosion

Waling:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.waling} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.waling} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for waling:

	Before corrosion:	After corrosion:
Height of profile:	$h_{waling.init} = 240 \cdot mm$	$h_{waling.cor} = 239.6 \cdot mm$
Width of profile:	$b_{waling.init} = 85 \cdot mm$	$b_{waling.cor} = 84.6 \cdot mm$
Thickness of web:	$d_{waling.init} = 9.5 \cdot mm$	$d_{waling.cor} = 9.1 \cdot mm$
Thickness of flange:	$t_{waling.init} = 13 \cdot mm$	$t_{waling.cor} = 12.6 \cdot mm$
Plastic section modulus:	$W_{y.waling.init} = 358 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{y.waling.cor} = 348.1 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Plastic section modulus:	$W_{z.waling.init} = 75.7 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{z.waling.cor} = 73.6 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Moment of inertia:	$I_{y.waling.init} = 36 \cdot 10^6 \cdot mm^4$	$I_{y.waling.cor} = 35 \cdot 10^6 \cdot mm^4$

Tie rod incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.tierod} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.tierod} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for tie rod incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Tensile stress area of the bolt:	$A_{s.tierod.init} = 1452 \cdot mm^2$	$A_{s.tierod.cor} = 1428 \cdot mm^2$
Diameter of bolt:	$d_{tierod.init} = 43 \cdot mm$	$d_{tierod.cor} = 42.6 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$	$t_{bpl.rod.cor} = 44.6 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$b_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$h_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$	$d_{bpl.rod.cor} = 50.4 \cdot mm$
Plastic section modulus of plate:	$W_{bpl.rod.init} = 68.3 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.rod.cor} = 66.9 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.bolt} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.bolt} = 0.55 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for fixing bolt incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Stress area of the bolt:	$A_{s.bolt.init} = 561 \cdot mm^2$	$A_{s.bolt.cor} = 515.8 \cdot mm^2$
Diameter of the bolt:	$d_{bolt.init} = 30 \cdot mm$	$d_{bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$	$t_{bpl.bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$	$b_{bpl.bolt.cor} = 98.9 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$	$d_{bpl.bolt.cor} = 44.1 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$	$h_{bpl.bolt.cor} = 148.9 \cdot mm$
Plastic section modulus of profile/plate:	$W_{bpl.bolt.init} = 12.8 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.bolt.cor} = 11.4 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Loadings

Horisontal design anchor load: $q_{ed.h} := 221 \frac{kN}{m}$

Angle of anchor: $\varphi := 0 \cdot deg$

Design anchor load: $q_{ed} := \frac{q_{ed.h}}{\cos(\varphi)}$ $\quad q_{ed} = 221 \cdot \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Waling Capacity

Two cross-sections are investigated; over tie rods and over fixing bolts.

Design uniform surcharge load: $p := 20 \frac{kN}{m^2}$

Effective specific gravity of soil above waling: $\gamma_{soil} := 20 \frac{kN}{m^3}$

Terrain level behind sheet pile wall: $K_t := 3.5m$

Waling level (center level): $K_w := 1.9m$

Lateral loading:

Is the waling loaded with lateral loads?:

Total lateral load from dead weight, soil and load: $p_{tot} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Moment between fixing bolts: $M_{L1} := 0.077 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $M_{L1} = 0 \cdot kN \cdot m$

Moment over fixing bolts: $M_{L2} := 0.107 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $M_{L2} = 0 \cdot kN \cdot m$

Shear over fixing bolts: $Q_L := \frac{1}{2} \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}$ $Q_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Moment between tie rods: $M_{H1} := 0.077 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $M_{H1} = 133.4 \cdot kN \cdot m$

Moment over tie rods: $M_{H2} := 0.107 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $M_{H2} = 185.4 \cdot kN \cdot m$

Shear over tie rods: $Q_H := 0.5 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $Q_H = 309.4 \cdot kN$

Shear Force:

Shear area: $A_{v.waling} := d_{waling} \cdot (h_{waling} - 2 \cdot t_{waling})$

$A_{v.waling} = 1959.3 \cdot mm^2$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd.waling} := 2 \cdot \frac{A_{v.waling} \cdot \left(\frac{f_{yk.waling}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}}$

$V_{pl.Rd.waling} = 730.1 \cdot kN$

Relative utilization ratios: $u_{rel1.V} := \frac{Q_L}{V_{pl.Rd.waling}}$ $u_{rel1.V} = 0 \cdot \%$

$u_{rel2.V} := \frac{Q_H}{V_{pl.Rd.waling}}$ $u_{rel2.V} = 42 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

Bending Moment

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd1.waling} = 224.7 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} = 47.5 \cdot kN \cdot m$$

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd2.waling} = 224.7 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} = 47.5 \cdot kN \cdot m$$

Relative utilization ratio:

$$\eta_{waling.M1} := \left(\frac{M_{L2}}{M_{pl.z.Rd1.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H1}}{M_{pl.y.Rd1.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M2} := \left(\frac{M_{L1}}{M_{pl.z.Rd2.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H2}}{M_{pl.y.Rd2.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M} := \max(\eta_{waling.M1}, \eta_{waling.M2})$$

$$\eta_{waling.M} = 83 \cdot \%$$

$$Waling_{control} := \text{if}(\eta_{waling.M} \le 100\%, \text{"Waling OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Waling OK"}$$

Control of spacing between walings:

Spacing between walings: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Control: $\Delta_{ctrl} := \tan(\varphi) \cdot h_{waling} + d_{tierod.max.init}$

$$\Delta_{ctrl} = 48 \cdot mm$$

Spacing left: $\Delta_{rest} := \Delta_{waling} - \Delta_{ctrl}$ $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

$$Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$$

Tie Rods incl. bearing plate

Tie rods:

Design anchor load: $Q_{ed} := q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_{ed} = 618.8 \cdot kN$

Required stress area: $A_{s.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{k_{t.tierod} \cdot \dfrac{f_{uk.tierod}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.tierod} = 1044.2 \cdot mm^2$

$A_{g.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{\dfrac{f_{yk.tierod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad A_{g.req.tierod} = 1015.9 \cdot mm^2$

Relative utilization ratio:

$\eta_{tierod} := \max\left(\dfrac{A_{s.req.tierod}}{A_{s.tierod}}, \dfrac{A_{g.req.tierod}}{A_{g.tierod}}\right)$ $\quad \eta_{tierod} = 73.1 \cdot \%$

$Tierod_{control} := \text{if}\left(\eta_{tierod} < 100\%, \text{"Tie rod OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Tie rod OK"}$

Bearing plate:

Recommended min. plate height: $h_{bpl.rod.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.rod.min} = 120 \cdot mm$

$Tierod_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \dfrac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.rod.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.rod} := \frac{\dfrac{q_{ed} \cdot cc_{tierod}}{d_{bpl.rod}} \cdot d_{bpl.rod}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right]$$

$M_{bpl.rod} = 6.9 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.rod} := \dfrac{M_{bpl.rod}}{W_{bpl.rod}}$ $\quad \sigma_{bpl.rod} = 103.8 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.rod} := \dfrac{\sigma_{bpl.rod}}{\dfrac{f_{yk.bpl.rod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad \eta_{bpl.rod} = 34.1 \cdot \%$

$Tierod_{bpl2.control} := \text{if}\left(\eta_{bpl.rod} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Bearing plate OK"}$

Fixing bolts

Lateral loading:

Shear per bolt: $Q_{L.2} := \frac{1}{n_{bolt}} p_{tot2} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_{L.2} = 0 \cdot kN$

Tension per bolt: $T_L := \frac{1}{2} \cdot h_{waling} \cdot \frac{Q_{L.2}}{\frac{1}{2} \cdot (\Delta_{waling} + d_{waling})}$

$T_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Design load: $Q_{H.2} := \frac{q_{ed} \cdot cc_{bolt}}{n_{bolt}}$ $\quad Q_{H.2} = 154.7 \cdot kN$

Required bolt area:

Required stress area: $A_{s.req.bolt} := \frac{(Q_{H.2} + T_L)}{k_t \cdot \frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.bolt} = 290.1 \cdot mm^2$

Factor α_v: $\alpha_v = 0.6$

Required shear area: $A_{s.req.bolt2} := \frac{Q_{L.2}}{\frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}} \cdot \alpha_v}$ $\quad A_{s.req.bolt2} = 0 \cdot mm^2$

Combined shear and tension: $\eta_{bolt1} := \frac{A_{s.req.bolt2}}{A_{s.bolt}} + \frac{A_{s.req.bolt}}{1.4 \cdot A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt1} = 40.2 \cdot \%$

Relative utilization ratio: $\eta_{bolt2} := \frac{\max(A_{s.req.bolt}, A_{s.req.bolt2})}{A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt2} = 56.2 \cdot \%$

$Bolt_c := \text{if}(\eta_{bolt1} \le 1 \wedge \eta_{bolt2} \le 1, \text{"Bolt OK"}, \text{"Failure"}) = \text{"Bolt OK"}$

Bearing plate:

Minimum plate height: $h_{bpl.bolt.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.bolt.min} = 120 \cdot mm$

$Fixing_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \frac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.bolt.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.bolt} := \frac{\frac{(Q_{H.2} + T_L)}{d_{bpl.bolt}} \cdot d_{bpl.bolt}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right]$$

$M_{bpl.bolt} = 1.9 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.bolt} := \frac{M_{bpl.bolt}}{W_{bpl.bolt}}$ $\sigma_{bpl.bolt} = 166 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.bolt} := \frac{\sigma_{bpl.bolt}}{\frac{f_{yk.bpl.bolt}}{\gamma_{M0}}}$ $\eta_{bpl.bolt} = 54.5 \cdot \%$

$Fixing_{bpl2.control} := if(\eta_{bpl.bolt} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Bearing plate OK"}$

RESUME

Waling

Profile: $typ_{waling} = \text{"UNP240"}$

Steel grade: $steelgrade_{waling.typ} = \text{"S355"}$

$Control_{shear} = \text{"No reduction in the design moment resistance due to shear force."}$

Utilization ratio, waling: $\eta_{waling.M} = 83 \cdot \%$

Control, waling: $Waling_{control} = \text{"Waling OK"}$

Spacing between UNPs: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Spacing left (rest): $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

Control, spacing: $Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{waling.typ} = \text{"Yes"}$

Cross section class: $CSC_{waling} = \text{"Class 1 or 2"}$

Tie Rods

Tie rods:

Tie rod: $tierod_{.type} = \text{"SAS670 Ø43"}$

Utilization ratio, tie rods: $\eta_{tierod} = 73.1 \cdot \%$

Control, tie rods: $Tierod_{control} = \text{"Tie rod OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{tierod.typ} = \text{"Yes"}$

c-c distance: $cc_{tierod} = 2800 \cdot mm$

Angle of anchor: $\varphi = 0 \cdot deg$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$

Control, bearing plate height: $Tierod_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.rod.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.rod} = 34.1 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Tierod_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Fixing Bolts

Fixing bolts:

Fixinh bolts: $fixingbolt_{type}$ = "M30"

Steel grade: $bolt_{type}$ = "8.8"

Utilization ratio, fixing bolts: $\eta_{bolt} = 56.2 \cdot \%$

Control, fixing bolts: $Bolt_c$ = "Bolt OK"

Corrosion included in calculations? $cor_{bolt.typ}$ = "Yes"

c-c distance: $cc_{bolt} = 1400 \cdot mm$

Number of fixing bolts: $n_{bolt} = 2$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$

Control, bearing plate height:

$Fixing_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.bolt.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.bolt} = 54.5 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Fixing_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Tie Back System:
Cross Section and Member Analysis

COWI
Best Practice

Calculations in accordance with DS/EN 1993-1-1:2007, DS/EN 1993-5:2007, DS/EN 1993-8:2007 and DK NA. **Version 2.1**

This calculatation verifies the cross sectional - and member load carrying capacity of waling, tie rods and fixing bolts respecting occurence of corrosion.

Project: Trælastholmen		**Project no.:**	A112240
Subject: Kanalvæg, forankring og stræk, ULS		**Date:**	17-03-2023
Prepared by: CSJO	**Checked by:** THAD	**Approved by:** CSJO	

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Limit state: ALS

Control class (γ_3): Normal

Partial safety factors: $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1$

Geometrical and Material Properties

Waling:

Profile: UNP240

Spacing between UNP-profiles: $\Delta_{waling} := 60mm$

Steel grade: S355

Characteristic yield strength: $f_{yk.waling} = 355 \cdot MPa$

Tie rod incl. bearing plate:

Profile: SAS670 Ø43

Only used if "custom" is chosen in drop-down menu.

Yield strength: $f_{yk.tierod.custom} := 500MPa$

Ultimate strength: $f_{uk.tierod.custom} := 600MPa$

Diameter of tie rod (threaded part): $d_{tierod.init.custom} := 45mm$

Max. diameter of tie rod (nominel diameter): $d_{tierod.max.init.custom} := 45mm$

Stress area: $A_{s.tierod.init.custom} := 1963mm^2$

Notch factor: $k_{t.tierod.custom} := 0.9$

c-c distance between tie rods: $cc_{tierod} := 2800mm$

Characteristic yield strength: $f_{yk.tierod} = 670 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.tierod} = 800 \cdot MPa$

Thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} := 45mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} := 185mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} := 185mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.rod.init} := 50mm$

Steel grade of bearing plate:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.rod} = 335 \cdot MPa$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Profile:

c-c distance between fixing bolts: $cc_{bolt} := 1400mm$

Number of fixing bolts per double sheet: $n_{bolt} := 2$

Bolt class:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bolt} = 640 \cdot MPa$

Characteristic ultimate tensilt strength: $f_{uk.bolt} = 800 \cdot MPa$

Thread type:

Thickness of steel plate: $t_{bpl.bolt.init} := 30mm$

Width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} := 100mm$

Height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} := 150mm$

Diameter of hole in bearing plate: $d_{bpl.bolt.init} := 43mm$

Steel grade of bearing plate:

Characteristic yield strength: $f_{yk.bpl.bolt} = 335 \cdot MPa$

Corrosion

Waling:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.waling} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.waling} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for waling:

	Before corrosion:	After corrosion:
Height of profile:	$h_{waling.init} = 240 \cdot mm$	$h_{waling.cor} = 239.6 \cdot mm$
Width of profile:	$b_{waling.init} = 85 \cdot mm$	$b_{waling.cor} = 84.6 \cdot mm$
Thickness of web:	$d_{waling.init} = 9.5 \cdot mm$	$d_{waling.cor} = 9.1 \cdot mm$
Thickness of flange:	$t_{waling.init} = 13 \cdot mm$	$t_{waling.cor} = 12.6 \cdot mm$
Plastic section modulus:	$W_{y.waling.init} = 358 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{y.waling.cor} = 348.1 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Plastic section modulus:	$W_{z.waling.init} = 75.7 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{z.waling.cor} = 73.6 \cdot 10^3 \cdot mm^3$
Moment of inertia:	$I_{y.waling.init} = 36 \cdot 10^6 \cdot mm^4$	$I_{y.waling.cor} = 35 \cdot 10^6 \cdot mm^4$

Tie rod incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.tierod} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.tierod} = 0.18 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for tie rod incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Tensile stress area of the bolt:	$A_{s.tierod.init} = 1452 \cdot mm^2$	$A_{s.tierod.cor} = 1428 \cdot mm^2$
Diameter of bolt:	$d_{tierod.init} = 43 \cdot mm$	$d_{tierod.cor} = 42.6 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$	$t_{bpl.rod.cor} = 44.6 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$b_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$	$h_{bpl.rod.cor} = 184.6 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$	$d_{bpl.rod.cor} = 50.4 \cdot mm$
Plastic section modulus of plate:	$W_{bpl.rod.init} = 68.3 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.rod.cor} = 66.9 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Fixing bolt incl. bearing plate:

Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.bolt} := 5$

Corrosion rates for design:

Loss of thickness due to corrosion: $t_{c.bolt} = 0.55 \cdot mm$

Apply corrosion for calculations?:

Sectional properties for fixing bolt incl. bearing plate:

	Before corrosion:	After corrosion:
Stress area of the bolt:	$A_{s.bolt.init} = 561 \cdot mm^2$	$A_{s.bolt.cor} = 515.8 \cdot mm^2$
Diameter of the bolt:	$d_{bolt.init} = 30 \cdot mm$	$d_{bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Thickness of steel plate:	$t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$	$t_{bpl.bolt.cor} = 28.9 \cdot mm$
Width of steel plate:	$b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$	$b_{bpl.bolt.cor} = 98.9 \cdot mm$
Diameter of hole in plate:	$d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$	$d_{bpl.bolt.cor} = 44.1 \cdot mm$
Height of steel plate:	$h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$	$h_{bpl.bolt.cor} = 148.9 \cdot mm$
Plastic section modulus of profile/plate:	$W_{bpl.bolt.init} = 12.8 \cdot 10^3 \cdot mm^3$	$W_{bpl.bolt.cor} = 11.4 \cdot 10^3 \cdot mm^3$

Loadings

Horisontal design anchor load: $q_{ed.h} := 259 \frac{kN}{m}$

Angle of anchor: $\varphi := 0 \cdot deg$

Design anchor load: $q_{ed} := \frac{q_{ed.h}}{\cos(\varphi)}$ $\quad q_{ed} = 259 \cdot \frac{kN}{m}$

STATIC CALCULATIONS

Waling Capacity

Two cross-sections are investigated; over tie rods and over fixing bolts.

Design uniform surcharge load: $p := 20 \frac{kN}{m^2}$

Effective specific gravity of soil above waling: $\gamma_{soil} := 20 \frac{kN}{m^3}$

Terrain level behind sheet pile wall: $K_t := 3.5m$

Waling level (center level): $K_w := 1.9m$

Lateral loading:

Is the waling loaded with lateral loads?:

Total lateral load from dead weight, soil and load: $p_{tot} = 0 \cdot \frac{kN}{m}$

Moment between fixing bolts: $M_{L1} := 0.077 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L1} = 0 \cdot kN \cdot m$

Moment over fixing bolts: $M_{L2} := 0.107 \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}^2$ $\quad M_{L2} = 0 \cdot kN \cdot m$

Shear over fixing bolts: $Q_L := \frac{1}{2} \cdot p_{tot} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Moment between tie rods: $M_{H1} := 0.077 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H1} = 156.4 \cdot kN \cdot m$

Moment over tie rods: $M_{H2} := 0.107 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}^2$ $\quad M_{H2} = 217.3 \cdot kN \cdot m$

Shear over tie rods: $Q_H := 0.5 \cdot q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_H = 362.6 \cdot kN$

Shear Force:

Shear area: $A_{v.waling} := d_{waling} \cdot (h_{waling} - 2 \cdot t_{waling})$

$A_{v.waling} = 1959.3 \cdot mm^2$

Design plastic shear resistance: $V_{pl.Rd.waling} := 2 \cdot \frac{A_{v.waling} \cdot \left(\frac{f_{yk.waling}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}}$

$V_{pl.Rd.waling} = 803.1 \cdot kN$

Relative utilization ratios: $u_{rel1.V} := \frac{Q_L}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel1.V} = 0 \cdot \%$

$u_{rel2.V} := \frac{Q_H}{V_{pl.Rd.waling}}$ $\quad u_{rel2.V} = 45 \cdot \%$

$Control_{shear}$ = "No reduction in the design moment resistance due to shear force."

Bending Moment

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd1.waling} = 247.1 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_1) f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd1.waling} = 52.3 \cdot kN \cdot m$$

Design moment resistances over fixing bolts:

$$M_{pl.y.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{y.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.y.Rd2.waling} = 247.1 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} := \frac{2 \cdot W_{z.waling} \cdot (1 - \rho_2) \cdot f_{yk.waling}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl.z.Rd2.waling} = 52.3 \cdot kN \cdot m$$

Relative utilization ratio:

$$\eta_{waling.M1} := \left(\frac{M_{L2}}{M_{pl.z.Rd1.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H1}}{M_{pl.y.Rd1.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M2} := \left(\frac{M_{L1}}{M_{pl.z.Rd2.waling}}\right) + \left(\frac{M_{H2}}{M_{pl.y.Rd2.waling}}\right)$$

$$\eta_{waling.M} := \max(\eta_{waling.M1}, \eta_{waling.M2})$$

$$\eta_{waling.M} = 88 \cdot \%$$

$$Waling_{control} := \text{if}(\eta_{waling.M} \le 100\%, \text{"Waling OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Waling OK"}$$

Control of spacing between walings:

Spacing between walings: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Control: $\Delta_{ctrl} := \tan(\varphi) \cdot h_{waling} + d_{tierod.max.init}$

$$\Delta_{ctrl} = 48 \cdot mm$$

Spacing left: $\Delta_{rest} := \Delta_{waling} - \Delta_{ctrl}$ $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

$$Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$$

Tie Rods incl. bearing plate

Tie rods:

Design anchor load: $Q_{ed} := q_{ed} \cdot cc_{tierod}$ $\quad Q_{ed} = 725.2 \cdot kN$

Required stress area: $A_{s.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{k_{t.tierod} \cdot \dfrac{f_{uk.tierod}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.tierod} = 906.5 \cdot mm^2$

$A_{g.req.tierod} := \dfrac{Q_{ed}}{\dfrac{f_{yk.tierod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad A_{g.req.tierod} = 1082.4 \cdot mm^2$

Relative utilization ratio:

$\eta_{tierod} := \max\left(\dfrac{A_{s.req.tierod}}{A_{s.tierod}}, \dfrac{A_{g.req.tierod}}{A_{g.tierod}}\right)$ $\quad \eta_{tierod} = 75.8 \cdot \%$

$Tierod_{control} := \text{if}\left(\eta_{tierod} < 100\%, \text{"Tie rod OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Tie rod OK"}$

Bearing plate:

Recommended min. plate height: $h_{bpl.rod.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.rod.min} = 120 \cdot mm$

$Tierod_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \dfrac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.rod.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.rod} := \frac{\dfrac{q_{ed} \cdot cc_{tierod}}{d_{bpl.rod}} \cdot d_{bpl.rod}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.rod}}{2}\right]$$

$M_{bpl.rod} = 8.1 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.rod} := \dfrac{M_{bpl.rod}}{W_{bpl.rod}}$ $\quad \sigma_{bpl.rod} = 121.6 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.rod} := \dfrac{\sigma_{bpl.rod}}{\dfrac{f_{yk.bpl.rod}}{\gamma_{M0}}}$ $\quad \eta_{bpl.rod} = 36.3 \cdot \%$

$Tierod_{bpl2.control} := \text{if}\left(\eta_{bpl.rod} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}\right) = \text{"Bearing plate OK"}$

Fixing bolts

Lateral loading:

Shear per bolt: $Q_{L.2} := \frac{1}{n_{bolt}} p_{tot2} \cdot cc_{bolt}$ $\quad Q_{L.2} = 0 \cdot kN$

Tension per bolt: $T_L := \frac{1}{2} \cdot h_{waling} \cdot \frac{Q_{L.2}}{\frac{1}{2} \cdot (\Delta_{waling} + d_{waling})}$

$T_L = 0 \cdot kN$

Horizontal loading:

Design load: $Q_{H.2} := \frac{q_{ed} \cdot cc_{bolt}}{n_{bolt}}$ $\quad Q_{H.2} = 181.3 \cdot kN$

Required bolt area:

Required stress area: $A_{s.req.bolt} := \frac{(Q_{H.2} + T_L)}{k_t \cdot \frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}}}$ $\quad A_{s.req.bolt} = 296.2 \cdot mm^2$

Factor α_v: $\alpha_v = 0.5$

Required shear area: $A_{s.req.bolt2} := \frac{Q_{L.2}}{\frac{f_{uk.bolt}}{\gamma_{M2}} \cdot \alpha_v}$ $\quad A_{s.req.bolt2} = 0 \cdot mm^2$

Combined shear and tension: $\eta_{bolt1} := \frac{A_{s.req.bolt2}}{A_{s.bolt}} + \frac{A_{s.req.bolt}}{1.4 \cdot A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt1} = 41 \cdot \%$

Relative utilization ratio: $\eta_{bolt2} := \frac{\max(A_{s.req.bolt}, A_{s.req.bolt2})}{A_{s.bolt}}$ $\quad \eta_{bolt2} = 57.4 \cdot \%$

$Bolt_c := \text{if}(\eta_{bolt1} \le 1 \wedge \eta_{bolt2} \le 1, \text{"Bolt OK"}, \text{"Failure"}) = \text{"Bolt OK"}$

Bearing plate:

Minimum plate height: $h_{bpl.bolt.min} := \Delta_{waling} + 60mm$ $\quad h_{bpl.bolt.min} = 120 \cdot mm$

$Fixing_{bpl1.control} = \text{"Height OK"}$

Moment in plate: $a_{fak} := \frac{(\Delta_{waling} + d_{waling.init}) - d_{bpl.bolt.init}}{2}$ $\quad b_{fak} := a_{fak}$

$$M_{bpl.bolt} := \frac{\frac{(Q_{H.2} + T_L)}{d_{bpl.bolt}} \cdot d_{bpl.bolt}}{(\Delta_{waling} + d_{waling})^2} \cdot \left(b_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left(a_{fak} + \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right) \cdot \left[(\Delta_{waling} + d_{waling}) - \frac{d_{bpl.bolt}}{2}\right]$$

$M_{bpl.bolt} = 2.2 \cdot kN \cdot m$

Stress in plate: $\sigma_{bpl.bolt} := \frac{M_{bpl.bolt}}{W_{bpl.bolt}}$ $\sigma_{bpl.bolt} = 194.5 \cdot MPa$

Relative utilization ratio: $\eta_{bpl.bolt} := \frac{\sigma_{bpl.bolt}}{\frac{f_{yk.bpl.bolt}}{\gamma_{M0}}}$ $\eta_{bpl.bolt} = 58.1 \cdot \%$

$Fixing_{bpl2.control} := if(\eta_{bpl.bolt} < 100\%, \text{"Bearing plate OK"}, \text{"Insufficient capacity"}) = \text{"Bearing plate OK"}$

RESUME

Waling

Profile: $typ_{waling} = \text{"UNP240"}$

Steel grade: $steelgrade_{waling.typ} = \text{"S355"}$

$Control_{shear} = \text{"No reduction in the design moment resistance due to shear force."}$

Utilization ratio, waling: $\eta_{waling.M} = 88 \cdot \%$

Control, waling: $Waling_{control} = \text{"Waling OK"}$

Spacing between UNPs: $\Delta_{waling} = 60 \cdot mm$

Spacing left (rest): $\Delta_{rest} = 12 \cdot mm$

Control, spacing: $Waling_{control2} = \text{"Spacing OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{waling.typ} = \text{"Yes"}$

Cross section class: $CSC_{waling} = \text{"Class 1 or 2"}$

Tie Rods

Tie rods:

Tie rod: $tierod_{.type} = \text{"SAS670 Ø43"}$

Utilization ratio, tie rods: $\eta_{tierod} = 75.8 \cdot \%$

Control, tie rods: $Tierod_{control} = \text{"Tie rod OK"}$

Corrosion included in calculations? $cor_{tierod.typ} = \text{"Yes"}$

c-c distance: $cc_{tierod} = 2800 \cdot mm$

Angle of anchor: $\varphi = 0 \cdot deg$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.rod.init} = 185 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.rod.init} = 45 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.rod.init} = 50 \cdot mm$

Control, bearing plate height: $Tierod_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.rod.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.rod} = 36.3 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Tierod_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Fixing Bolts

Fixing bolts:

Fixinh bolts: $fixingbolt_{type}$ = "M30"

Steel grade: $bolt_{type}$ = "8.8"

Utilization ratio, fixing bolts: $\eta_{bolt} = 57.4 \cdot \%$

Control, fixing bolts: $Bolt_c$ = "Bolt OK"

Corrosion included in calculations? $cor_{bolt.typ}$ = "Yes"

c-c distance: $cc_{bolt} = 1400 \cdot mm$

Number of fixing bolts: $n_{bolt} = 2$

Bearing plate:

Initial width of bearing plate: $b_{bpl.bolt.init} = 100 \cdot mm$

Initial thickness of bearing plate: $t_{bpl.bolt.init} = 30 \cdot mm$

Initial height of bearing plate: $h_{bpl.bolt.init} = 150 \cdot mm$

Initial diameter of hole in plate: $d_{bpl.bolt.init} = 43 \cdot mm$

Control, bearing plate height:

$Fixing_{bpl1.control}$ = "Height OK"

Steel grade: $steelgrade_{bearingplate.bolt.typ}$ = "S355"

Utilization ratio, bearing plate: $\eta_{bpl.bolt} = 58.1 \cdot \%$

Control, bearing plate: $Fixing_{bpl2.control}$ = "Bearing plate OK"

Splice connection verification (UNP 180 with M24 bolt)

The following calculation is in accordance with DS/EN 1993-3.

Material characteristics

Structural steel Yield strength	$f_{yk} := 355 \cdot MPa$
Structural steel Ultimate strength	$f_{uk} := 460 \cdot MPa$
Bolt Class 8.8 Yield strength	$f_y := 640 \cdot MPa$
Bolt Class 8.8 Ultimate strength	$f_u := 800 \cdot MPa$
Young's Modulus	$E_s := 210 \cdot GPa$
Material factor	$\gamma_{M2} := 1.35$
Material factor	$\gamma_{M0} := 1.1$
Factor	$k_t := 0.9$

Bolt

Bolt size	$D_b := 24\ mm$
Bolt area - Gross area	$A_g = 452\ mm^2$
Bolt area - Threaded area	$A_s = 353\ mm^2$
Hole diameter	$d_{b.0} := D_b + 2 \cdot mm = 26\ mm$
Reduction due to corrosion	$k_b := 2 \cdot 1.2 \cdot mm = 2.40\ mm$
Corrected bolt diameter	$d_{b.k} := D_b - k_b = 21.60\ mm$

Beam profile

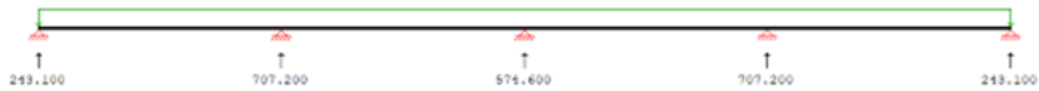
Span	$L := 2.8 \cdot m$
Profile	$UPN :=$ 180
Height	$h_{UPN} = 180\ mm$
Width	$b_{UPN} = 70\ mm$
Flanges Thickness	$t_{f.UPN} = 11\ mm$
Web Thickness	$t_{UPN} = 8\ mm$

Anchor loads

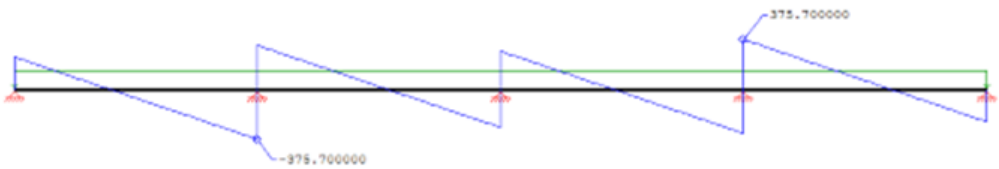
ULS	$A_{d.ULS} := 186 \cdot \frac{kN}{m} \cdot L = 521\ kN$
ALS	$A_{d.ALS} := 235 \cdot \frac{kN}{m} \cdot L = 658\ kN$

Internal forces, ULS

Reactions - kN, kN m



Shear - kN



Moment - kN m

Moment, ULS - Support $M_{ULS} := 156.24 \cdot kN \cdot m$

Shear force, ULS - Support $V_{ULS} := 316.2 \cdot kN$

!Note! The internal forces used for the bolt verification are extracted at the splice location ±770mm from the supports.

Moment, ULS - Splice $M_{ULS.sp1} := 102.4\ kN \cdot m$

Shear force, ULS - Splice $V_{ULS.sp1} := 61.39\ kN$

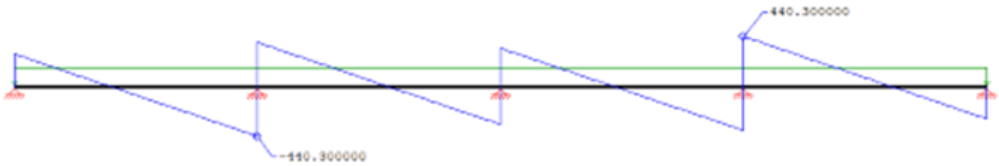
Moment, ULS - Splice $M_{ULS.sp2} := 32.09\ kN \cdot m$

Shear force, ULS - Splice $V_{ULS.sp2} := 173\ kN$

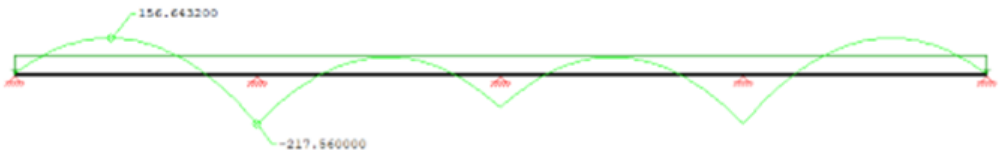
Internal forces, ALS

Reactions - kN, kN m

Shear - kN



Moment - kN m



Moment, ALS - Support $M_{ALS} := 197.4 \cdot kN \cdot m$

Shear force, ALS - Support $V_{ALS} := 399.5 \cdot kN$

!Note! The internal forces used for the bolt verification are extracted at the splice location ±.3m from the supports

Moment, ALS - Splice $M_{ALS.sp1} := 129.4\ kN \cdot m$

Shear force, ALS - Splice $V_{ALS.sp1} := 77.55\ kN$

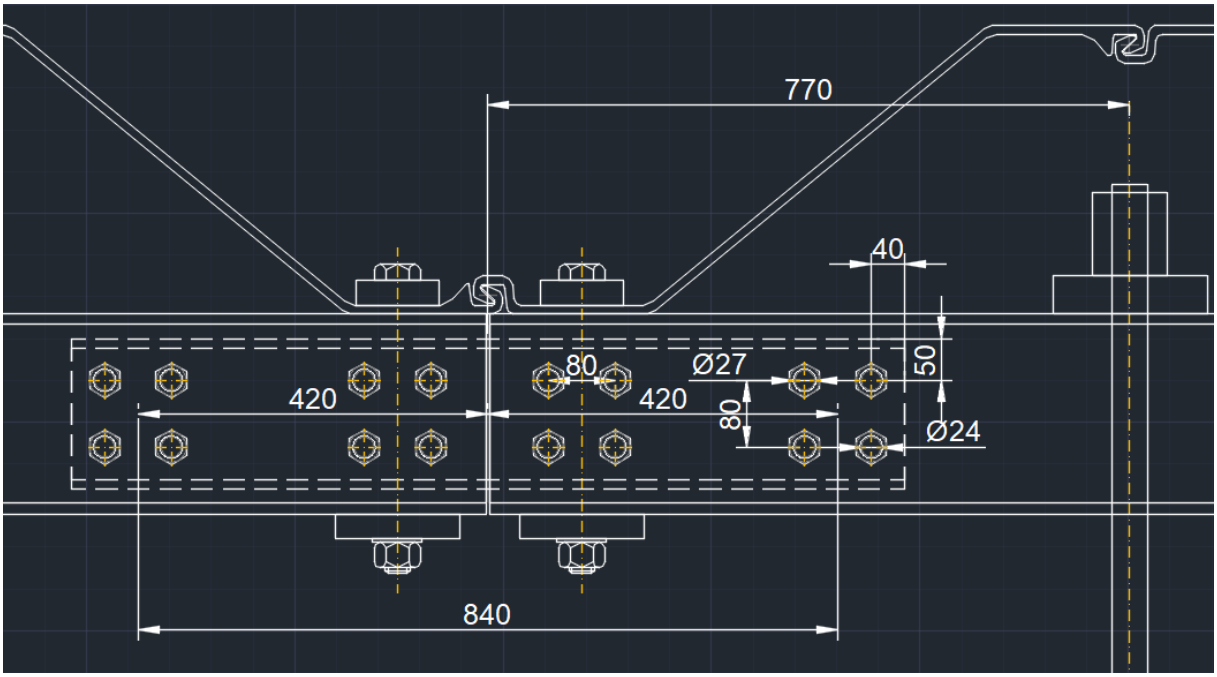
Moment, ALS - Splice $M_{ALS.sp2} := 40.55\ kN \cdot m$

Shear force, ALS - Splice $V_{ALS.sp2} := 218.6\ kN$

Bolted connection

The bolted connection is verified for both ULS and ALS.
When checking the ALS, the material factors are all set to γ=1.0.

!Note! Internal forces have been determined using a WinBeam model



Center-to-bolt group distance $l_{ss} := 420\ mm$

Force due to moment

$$F_{Ed.ULS} := \frac{M_{ULS.sp1}}{l_{ss}} = 244\ kN$$

$$F_{Ed.ALS} := \frac{M_{ALS.sp1}}{l_{ss}} = 308\ kN$$

Bolt spacing minimum requirements

$$e_1 := 2.25 \cdot d_{b.0} = 58.5\ mm$$

$$e_2 := 1.5 \cdot d_{b.0} = 39.0\ mm$$

$$p_1 := 3 \cdot d_{b.0} = 78.0\ mm$$

$$p_2 := 3 \cdot d_{b.0} = 78.0\ mm$$

$$\alpha_b := min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_{b.0}}, \frac{p_1}{3 \cdot d_{b.0}} - \frac{1}{4}\right) = 0.75$$

$$k_1 := min\left(\frac{2.8 \cdot e_2}{d_{b.0}} - 1.7, \frac{1.4 \cdot p_2}{d_{b.0}} - 1.7\right) = 2.50$$

Verification bolt group transferring moment - ULS

Number of bolts in bolt group $n := 4$

Profile capacity $F_{b.Rd} := n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_{b.k} \cdot t_{UPN} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{M2}} = 442\ kN$

Utilization ratio $U_{bb} := \frac{F_{Ed.ULS}}{F_{b.Rd}}$ $U_{bb} = 0.55$

Net area: $A_{net} := t_{UPN} \cdot (h_{UPN} - 2 \cdot d_{b.0}) = 1024\ mm^2$

Net cross-section capacity $N_{t.Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 330\ kN$

Utilization ratio $U_{bt} := \frac{F_{Ed.ULS}}{N_{t.Rd}}$ $U_{bt} = 0.74$

Bolt thread area factor $\alpha_v := 0.51$

Bolt shear capacity $F_{v.Rd} := n \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 427\ kN$

Utilization ratio $U_{bv} := \frac{F_{Ed.ULS}}{F_{v.Rd}}$ $U_{bv} = 0.57$

Verification of central bolts transferring shear force - ULS

Number of center bolts $n_c := 4$

Profile capacity $F_{cb.Rd} := n_c \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_{b.k} \cdot t_{UPN} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{M2}} = 442\ kN$

Utilization ratio $U_{cbb} := \frac{V_{ULS.sp2}}{F_{cb.Rd}}$ $U_{cbb} = 0.39$

Net cross-section capacity $N_{ct.Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 330\ kN$

Utilization ratio $U_{cbt} := \frac{V_{ULS.sp2}}{N_{ct.Rd}}$ $U_{cbt} = 0.52$

Bolt shear capacity $F_{cv.Rd} := n_c \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 427\ kN$

Utilization ratio $U_{cbv} := \frac{V_{ULS.sp2}}{F_{cv.Rd}}$ $U_{cbv} = 0.41$

Verification bolt group transferring moment - ALS

Number of bolts in bolt group $n := 4$

Profile capacity $F_{b.Rd} := n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_{b.k} \cdot t_{UPN} \cdot \frac{f_{uk}}{1.0} = 596\ kN$

Utilization ratio $U_{bb} := \frac{F_{Ed.ALS}}{F_{b.Rd}}$ $U_{bb} = 0.52$

Net area: $A_{net} := t_{UPN} \cdot (h_{UPN} - 2 \cdot d_{b.0}) = 1024\ mm^2$

Net cross-section capacity $N_{t.Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_{yk}}{1.0} = 364\ kN$

Utilization ratio $U_{bt} := \frac{F_{Ed.ALS}}{N_{t.Rd}}$ $U_{bt} = 0.85$

Bolt thread area factor $\alpha_v := 0.51$

Bolt shear capacity $F_{v.Rd} := n \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot \frac{f_u}{1.0} = 576\ kN$

Utilization ratio $U_{bv} := \frac{F_{Ed.ALS}}{F_{v.Rd}}$ $U_{bv} = 0.53$

Verification of central bolts transferring shear force - ALS

Number of center bolts $n_c := 4$

Profile capacity $F_{cb.Rd} := n_c \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_{b.k} \cdot t_{UPN} \cdot \frac{f_{uk}}{1.0} = 596\ kN$

Utilization ratio $U_{cbb} := \frac{V_{ALS.sp2}}{F_{cb.Rd}}$ $U_{cbb} = 0.37$

Net cross-section capacity $N_{ct.Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_{yk}}{1.0} = 364\ kN$

Utilization ratio $U_{cbt} := \frac{V_{ALS.sp2}}{N_{ct.Rd}}$ $U_{cbt} = 0.60$

Bolt shear capacity $F_{cv.Rd} := n_c \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot \frac{f_u}{1.0} = 576\ kN$

Utilization ratio $U_{cbv} := \frac{V_{ALS.sp2}}{F_{cv.Rd}}$ $U_{cbv} = 0.38$

BILAG H

ARMERING AF ANKERPLADER

Anchor Plate for Sheet Pile: Design of Concrete Anchor Plates

Calculations in accordance with Geoteknik 1. udgave, 2. oplag, DS/EN 1991 DS/EN 1992 and DS/EN 1993 and DK NA.

This calculation verifies the resistance of the anchor plate and verifies the cross sectional load carrying capacity.

DESIGN BASIS

Partial Safety Factors

Control class (γ_3): $\gamma_3 := \text{Normal}$

Partial safety factor (γ_c): $\gamma_c := 1.45 \cdot \gamma_3 = 1.45$

Partial safety factor (γ_s): $\gamma_s := 1.2 \cdot \gamma_3 = 1.2$

Partial safety factor (γ_φ): $\gamma_\varphi := 1.2$

Partial safety factor (γ_{M0}): $\gamma_{M0} := 1.10$

Geometrical Properties

Height of anchor plate: $h := 1.7\ m$

Thickness of anchor plate: $w := 0.35\ m$

Width of anchor plate: $l := 1.7\ m$

Distance between anchor plates: $L := 2 \cdot 1.4\ m$

Density of anchor plate: $\gamma_{pl} := 25\ \frac{kN}{m^3}$

Concrete Properties

Characteristic concrete strength: $f_{ck} := 40\ MPa$

Design concrete compressive strength: $f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 27.586\ MPa$

Mean concrete cylinder compressive strength: $f_{cm} := f_{ck} + 8\ MPa = 48\ MPa$

Secant modulus of elasticity of concrete: $E_{cm} := 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10 \cdot MPa}\right)^{0.3} \cdot 1000\ MPa = 35.22\ GPa$

Design concrete tensile strength: $f_{ctm} := 0.30 \cdot \left(f_{ck} \cdot \frac{1}{MPa}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot MPa = 3.509\ MPa$

Mean flexural tensile strength: $f_{ctm.fl} := \max\left(\left(1.6 - \frac{w}{1000 \cdot mm}\right) \cdot f_{ctm}, f_{ctm}\right) = 4.386\ MPa$

Strain for concrete with maximum stress: $\varepsilon_{cu3} := 0.0035$

NOTE! Only for $f_{ck} \leq 50$. Eurocode 1992-1-1 equation (3.19)

NOTE! Calculations are only valid for C12 to C50.

Effective height of compression zone factor: $\lambda := 0.8$

Reinforcement Properties

Characteristic reinforcement strength: $f_{yk} := 550\ MPa$

Design reinforcement strength: $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 458\ MPa$

Steel E-modulus: $E_{sk} := 210\ GPa$

Tensile strength reinforcement $\varepsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_{sk}} = 0.002$

Tabel 4.4N NA – Krav til minimumdæklag, $c_{min,dur}$, med hensyn til holdbarhed af slap armeringsstål i overensstemmelse med DS/EN 10080

Miljøklasse	Minimumdæklag mm
Ekstra aggressiv	40 mm
Aggressiv	30 mm
Moderat	20 mm
Passiv	10 mm

Cover: $c_{min} := 40\ mm$

Diameter vertical reinforcement: $\phi_v := 14\ mm$

Diameter horizontal reinforcement: $\phi_h := 14\ mm$

CC reinforcement horizontal: $cc_h := 150\ mm$

CC reinforcement vertical: $cc_v := 150\ mm$

Tabel 7.1 NA - Anbefalede maksimale værdier af beregnede revnevidder w_{max} (mm)

Miljøklasse	Slap armering	Spændarmering
Ekstra aggressiv	0,2 mm	0,1 mm
Aggressiv	0,3 mm	0,2 mm
Moderat	0,4 mm	0,3 mm

Maximum value of crack width: $\omega_{max.} := 0.2\ mm$

Effective height: $d_1 := w - c_{min} - \phi_h - \frac{1}{2} \cdot \phi_v = 289\ mm$

$d_2 := w - c_{min} - \phi_v - \frac{1}{2} \cdot \phi_h = 289\ mm$

$d := min(d_1, d_2) = 0.289\ m$

Reinforcement quantity, horizontal: $n_h := \text{floor}\left(\frac{l - 2 \cdot c_{min}}{cc_v}\right) + 1 = 11$

Reinforcement quantity, vertical: $n_v := \text{floor}\left(\frac{h - 2 \cdot c_{min}}{cc_h}\right) + 1 = 11$

Area reinforcement, horizontal: $A_{sv} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_v^{\,2} \cdot n_h = (1.693 \cdot 10^3)\ mm^2$

Area reinforcement, vertical: $A_{sh} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_h^{\,2} \cdot n_v = (1.693 \cdot 10^3)\ mm^2$

Degree of reinforcement, vertical: $\omega_v := \frac{A_{sv} \cdot f_{yd}}{l \cdot d \cdot f_{cd}} = 0.057$

Degree of reinforcement, horizontal: $\omega_h := \frac{A_{sh} \cdot f_{yd}}{h \cdot d \cdot f_{cd}} = 0.057$

Reinforcement Ratio

Minimum reinforcement $\omega_{min} := \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm.fl}}{f_{yk}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}, 0.0013 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}\right) = 0.034$

Balanced reinforcement $\omega_{bal} := \lambda \cdot \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0.493$

Maximum reinforcement $\omega_{max} := 0.04 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0.665$

Reinforcement vertical: $\omega_{tv} =$ "OK: normal reinforcement"

Reinforcement horizontal: $\omega_{th} =$ "OK: normal reinforcement"

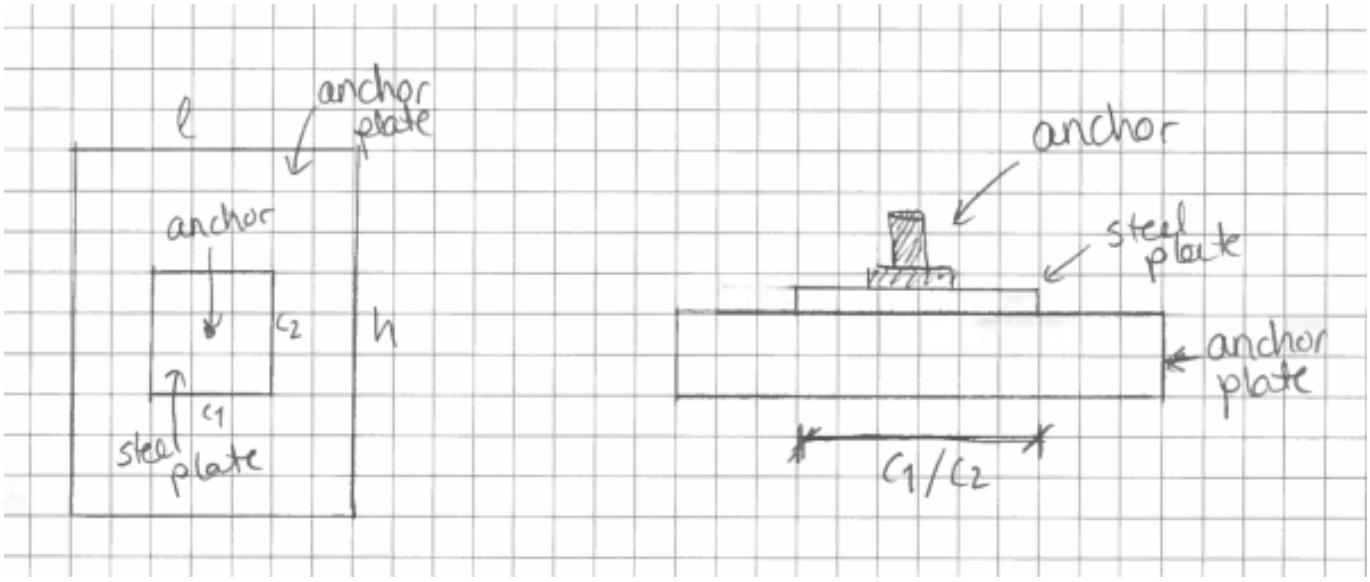
Steel Plate

Steel plate, height, anchor $c_1 := 185\ mm$

Steel plate, length, anchor $c_2 := c_1$

Steel plate, thickness $w_p := 45\ mm$

Yield strength: $f_y := 335\ MPa$



Duration of corrosion impact [years]: $t_{cor.tierod} := 50$

Corrosion rates for design: $F :=$ Sea water in temperate climate in the zone of high attack

Loss of thickness due to corrosion: $corr_s := t_{c.tierod} = 3.75\ mm$

Angle of anchor: $\alpha_a := 0\ deg$

Diameter of anchor: $Ø := 43\ mm$

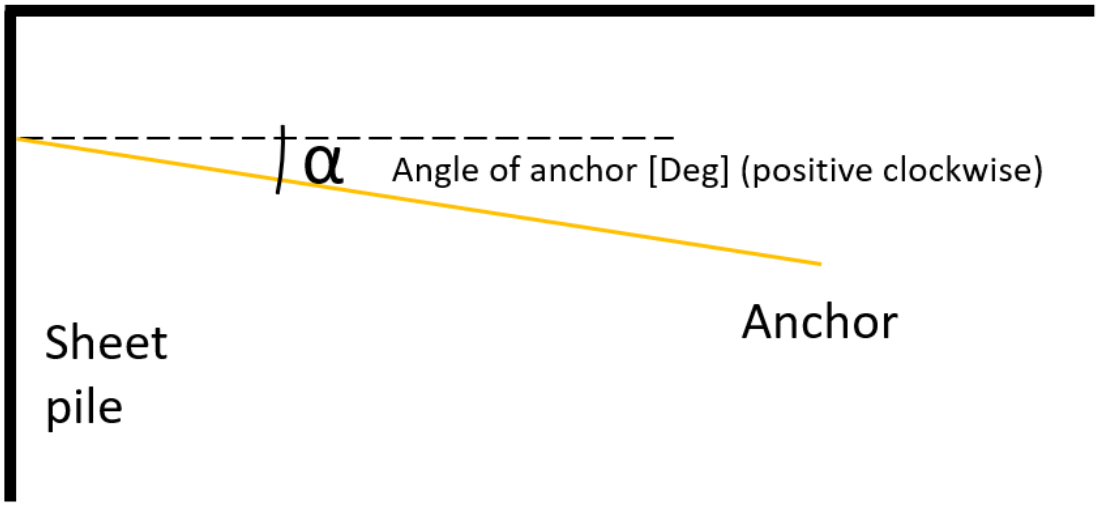
For hole diameter steel plate: < Ø30: d = Ø + 5mm, Ø30-Ø48 d = Ø + 7mm, >Ø50 d = Ø + 10mm
Ø is the diameter of tie rod

For hole diameter anchor plate: < Ø30: d = Ø + 10mm, Ø30-Ø48 d = Ø + 12mm, >Ø50 d = Ø + 15mm
Ø is the diameter of tie rod

Diameter of hole in steel plate: $d_{h.sp} = 50\ mm$

Diameter of hole in anchor plate: $d_{h.ap} = 55\ mm$

Loads



Horizontal Anchor load - ULS: $A_{ULS.h} := 186\ \frac{kN}{m} \cdot L = 521\ kN$

Design anchor load: $A_{ULS} := \frac{A_{ULS.h}}{\cos(\alpha_a)} \frac{h}{h \cdot l} = 306\ \frac{kN}{m}$

Horizontal Anchor load - ALS: $A_{ALS.h} := 235\ \frac{kN}{m} \cdot L = 658\ kN$

$A_{ALS} := \frac{A_{ALS.h}}{\cos(\alpha_a)} \frac{h}{h \cdot l} = 387\ \frac{kN}{m}$

Duration of load (for crack width calculation): $Load :=$ Long

Spacing anchor: $cc_a := L = 2.8\ m$

STATIC CALCULATIONS

Cross Section Analysis

In the following, the ultimate moment resistance of the reinforced cross-sections are verified.

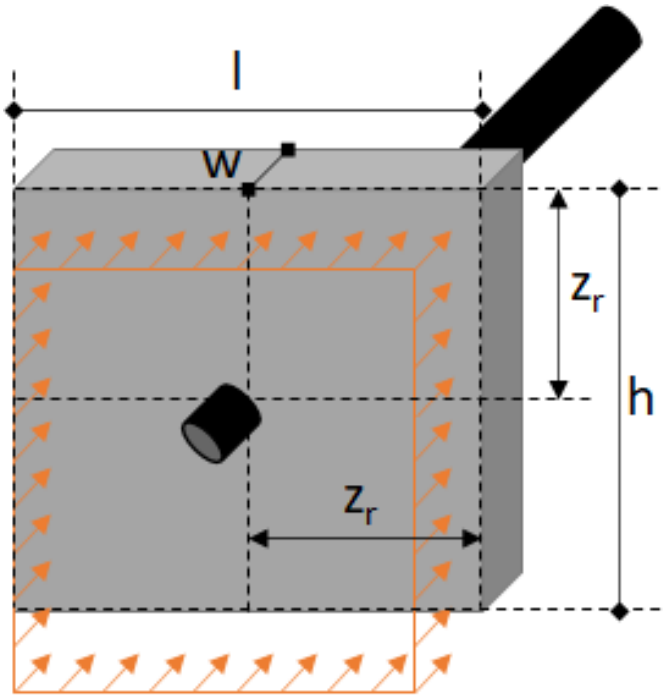


Plate bottom to anchor force - Distance: $z_r := \frac{h}{2} = 0.85\ m$

Bending Moment, x-axis: $M_{Ed.x} := A_{ULS} \cdot \frac{z_r^{\ 2}}{2} = 111\ kN \cdot m$

Bending Moment, y-axis: $M_{Ed.y} := A_{ULS} \cdot \frac{z_r^{\ 2}}{2} = 111\ kN \cdot m$

Coefficient, vertical: $\mu_v := \omega_v \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \omega_v\right) = 0.056$

Coefficient, horizontal $\mu_h := \omega_h \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \omega_h\right) = 0.056$

Bearing capacity, vertical: $M_{rd.v} := \mu_v \cdot l \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 218\ kN \cdot m$

Bearing capacity, horizontal: $M_{rd.h} := \mu_h \cdot h \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 218\ kN \cdot m$

Utilization vertical: $U_v := \frac{M_{Ed.x}}{M_{rd.v}}$ $U_v = 50.8\ 1\%$

Utilization horizontal: $U_h := \frac{M_{Ed.y}}{M_{rd.h}}$ $U_h = 50.8\ 1\%$

Moment capacity control

$$moment_{capacity} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } U_v \le 100\% \wedge U_h \le 100\% \\ \quad \| \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NOT OK”} \end{array} \right\| = \text{“OK”}$$

Cracks

A 15% reduction to the ULS design moment is applied to estimate the SLS bending moment for the crack width verification.

Bending Moment, x-axis: $M_{k.x} := \frac{M_{Ed.x}}{1.15} = 96\ kN \cdot m$

Bending Moment, y-axis: $M_{k.y} := \frac{M_{Ed.y}}{1.15} = 96\ kN \cdot m$

Reinforcement ratio: $\rho_v := \frac{A_{sv}}{l \cdot d} = 0.003$

$\rho_h := \frac{A_{sh}}{h \cdot d} = 0.003$

Deformation parameter: $\alpha = 23.85$

Dimensionless size: $\beta_v := \alpha \cdot \rho_v \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2}{\alpha \cdot \rho_v}} - 1\right) = 0.332$

$\beta_h := \alpha \cdot \rho_h \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2}{\alpha \cdot \rho_v}} - 1\right) = 0.332$

Height of the area in compression: $x_v := \beta_v \cdot d = 96\ mm$

$x_h := \beta_h \cdot d = 96\ mm$

Effective height: $w_{c.efv} := min\left(2.5 \cdot (w - d), \frac{w - x_v}{3}, \frac{w}{2}\right) = 85\ mm$

$w_{c.efh} := min\left(2.5 \cdot (w - d), \frac{w - x_h}{3}, \frac{w}{2}\right) = 85\ mm$

Effective area: $A_{c.eff.v} := w_{c.efv} \cdot l = \left(1.44 \cdot 10^5\right)\ mm^2$

$A_{c.eff.h} := w_{c.efv} \cdot h = \left(1.44 \cdot 10^5\right)\ mm^2$

Maximum crack spacing - Vertical:

$$s_{r.max.v} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } cc_v \le 5 \cdot \left(c_{min} + \frac{\phi_h}{2}\right) \\ \quad \left\| \left(29 \cdot \left(\left(c_{min} + \phi_h\right) \cdot \frac{1}{mm}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot 1 \cdot mm + 0.17 \cdot \frac{A_{c.eff.v}}{A_{sv}} \cdot \phi_v\right) \right. \\ \text{if } cc_v > 5 \cdot \left(c_{min} + \frac{\phi_h}{2}\right) \\ \quad \left\| \left(1.3 \cdot \left(w - x_v\right)\right) \right. \end{array} \right\| = 312\ mm$$

Maximum crack spacing - Horizontal:

$$s_{r.max.h} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } cc_h \le 5 \cdot \left(c_{min} + \frac{\phi_h}{2}\right) \\ \quad \left\| \left(29 \cdot \left(\left(c_{min} + \phi_v\right) \cdot \frac{1}{mm}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot 1 \cdot mm + 0.17 \cdot \frac{A_{c.eff.h}}{A_{sh}} \cdot \phi_v\right) \right. \\ \text{if } cc_h > 5 \cdot \left(c_{min} + \frac{\phi_h}{2}\right) \\ \quad \left\| \left(1.3 \cdot \left(w - x_h\right)\right) \right. \end{array} \right\| = 312\ mm$$

Stress in the tension reinforcement assumed cracked section:

$$\sigma_{sv} := \frac{M_{k.x}}{A_{sv} \cdot \left(d - \frac{1}{3} \cdot x_v\right)} = 221\ MPa$$

Factor dependent on the duration of the load:

$$\sigma_{sh} := \frac{M_{k.y}}{A_{sh} \cdot \left(d - \frac{1}{3} \cdot x_h\right)} = 221\ MPa$$

Effective reinforcement ratio:

$$k_t := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Load = 1 \\ \quad \| \ 0.4 \\ \text{if } Load = 2 \\ \quad \| \ 0.6 \end{array} \right\| = 0.4$$

$$\rho_{p.eff.v} := \frac{A_{sv}}{A_{c.eff.v}} = 0.012$$

$$\rho_{p.eff.h} := \frac{A_{sh}}{A_{c.eff.h}} = 0.012$$

Mean strain difference (Equation (7.9) in section 7.3.4 DS/EN 1992):

$$\varepsilon_{sm\varepsilon cm.v} := \max\left(\frac{\sigma_{sv} - \frac{k_t \cdot f_{ctm}}{\rho_{p.eff.v}} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \rho_{p.eff.v}\right)}{E_{sk}}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_{sv}}{E_{sk}}\right) = 0.00063$$

$$\varepsilon_{sm\varepsilon cm.h} := \max\left(\frac{\sigma_{sh} - \frac{k_t \cdot f_{ctm}}{\rho_{p.eff.h}} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \rho_{p.eff.h}\right)}{E_{sk}}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_{sh}}{E_{sk}}\right) = 0.00063$$

Crack width (Equation (7.8) in section 7.3.4 DS/EN 1992):

$$\omega_{k.v} := s_{r.max.v} \cdot \varepsilon_{sm\varepsilon cm.v} = 0.197\ mm$$

$$\omega_{k.h} := s_{r.max.h} \cdot \varepsilon_{sm\varepsilon cm.h} = 0.197\ mm$$

Utilization crack width:

$$U_{v.crack} := \frac{\omega_{k.v}}{\omega_{max.}} \qquad U_{v.crack} = 98.561\ 1\%$$

$$U_{h.crack} := \frac{\omega_{k.h}}{\omega_{max.}} \qquad U_{h.crack} = 98.561\ 1\%$$

Control crack width:

$$Crack_{control} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } U_{h.crack} \le 100\% \wedge U_{v.crack} \le 100\% \\ \quad \| \ \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \| \ \text{“NOT OK”} \end{array} \right\| = \text{“OK”}$$

Punching

Strength reduction factor Equation (5.103NA) Forkortet udgave of Eurocode 2:

$$\nu_v := 0.7 - \frac{\frac{f_{ck}}{MPa}}{200} = 0.5$$

NOTE! Not less than 0.45

Reinforcement ratio, average:

$$\rho_l := \sqrt{\rho_v \cdot \rho_h} = 0.003$$

Average d

$$d_a := w - c_{min} - \frac{\phi_h + \phi_v}{2} = 296\ mm$$

Coefficient, dependent on the size of the plate:

$$k_a := 1 + \sqrt{\frac{200 \cdot mm}{d_a}} = 1.822$$

$$k := \begin{cases} \text{if } k_a < 2 \\ \quad k_a \\ \text{if } k_a > 2 \\ \quad 2 \end{cases} = 1.82$$

The columns perimeter:

$$u := 2 \cdot (c_1 + c_2) = 740\ mm$$

Basic control perimeter Equation (9.3) from Betonkonstruktioner, section 9.1.1:

$$u_1 := 2 \cdot (c_1 + c_2 + \pi \cdot 2 \cdot d_a) = 4460\ mm$$

Minimum capacity along control perimeter Eq. 6.2b Forkortet udgave EC2, and 6.3N in EC2:

$$v_{min} := \frac{0.051}{\gamma_c} \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \left(f_{ck} \cdot \frac{1}{MPa}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot MPa = 0.547\ MPa$$

Eccentricity (If centric load, β =1. If eccentric, look in EC2, Eq. 6.39): $\beta := 1$

Maximum shear stress Eq. 6.38 EC2:

$$V_{Ed.1} := \frac{\beta \cdot (A_{ULS} \cdot h)}{d_a \cdot u} = 2.378\ MPa$$

NOTE! Value in kN/m, therefore multiplied with plate height

Design value of maximum shear resistance along the control section considered:

$$V_{Rd.max} := 0.5 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \nu_v = 6.897\ MPa$$

Utilization ratio:

$$U_{max.punching} := \frac{V_{Ed.1}}{V_{Rd.max}}$$

$$U_{max.punching} = 34.476\ 1\%$$

Maximum punching shear stress check:

$$Punching_{max.capacity} := \begin{cases} \text{if } U_{max.punching} \le 1 \\ \quad \text{"OK"} \\ \text{if } U_{max.punching} > 1 \\ \quad \text{"NOT OK"} \end{cases} = \text{"OK"}$$

Total applied force: $V_{tot} := (A_{ULS} \cdot h) = 521\ kN$

Maximum shear stress, Eq. 6.38 EC2: $V_{Ed.2} := \frac{\beta \cdot V_{tot}}{d_a \cdot u_1} = 0.395\ MPa$

Design value of punching shear resistance (without punching shear reinforcement along the control section considered): $V_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{1}{MPa}} \cdot MPa = 0.54\ MPa$

Choosing design value for $V_{RD.c}$: $V_{Rd.c} := \begin{cases} \text{if } V_{Rd.c} > v_{min} \\ \quad V_{Rd.c} \\ \text{if } V_{Rd.c} < v_{min} \\ \quad v_{min} \end{cases} = 0.547\ MPa$

Utilization punching: $U_{shear.punching} := \frac{V_{Ed.2}}{V_{Rd.c}}$ $\quad U_{shear.punching} = 72.115\ 1\%$

Punching shear reinforcement check: $Punching_{shear.capacity} := \begin{cases} \text{if } U_{shear.punching} \le 1 \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{if } U_{shear.punching} > 1 \\ \quad \text{“NOT OK”} \end{cases} = \text{“OK”}$

Steel plate

The moment in the steel plate is determine based on the curvature of the concrete anchor plate due to the chosen loadings.

Dimensionless size:

$$\varphi_{b.h} := \frac{1}{2} \cdot \beta_h \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \beta\right) = 0.111$$

$$\varphi_{b.v} := \frac{1}{2} \cdot \beta_v \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \beta\right) = 0.111$$

Transformed moment of inertia:

$$I_{t.h} := \varphi_{b.h} \cdot \beta_h \cdot l \cdot d_2{}^3 = \left(1.503 \cdot 10^9\right)\ mm^4$$

$$I_{t.v} := \varphi_{b.v} \cdot \beta_v \cdot l \cdot d_1{}^3 = \left(1.503 \cdot 10^9\right)\ mm^4$$

Curvature based on loading:

$$\kappa_h := \frac{M_{Ed.x}}{E_{cm} \cdot I_{t.h}} = 0.002\ \frac{1}{m}$$

$$\kappa_v := \frac{M_{Ed.y}}{E_{cm} \cdot I_{t.h}} = 0.002\ \frac{1}{m}$$

$$\kappa := \max\left(\kappa_h, \kappa_v\right) = 0.002\ \frac{1}{m}$$

Moment of inertia of steel plate:

$$I_{plate} := \frac{1}{12} \cdot \left(c_2 - d_{h.sp} - 4 \cdot corr_s\right) \cdot \left(w_p - 2 \cdot corr_s\right)^3 = \left(5.273 \cdot 10^5\right)\ mm^4$$

Moment in steel plate:

$$M_{Ed.plate} := \kappa \cdot E_{sk} \cdot I_{plate} = 0.2315\ kN \cdot m$$

Shear force in steel plate:

$$V_{Ed.plate} := \left(A_{ULS} \cdot h\right) = 521\ kN$$

Shear force capacity:

$$V_{pl.Rd} := \left(c_2 - d_{h.sp} - 4 \cdot corr_s\right) \cdot \left(w_p - 2 \cdot corr_s\right) \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1191\ kN$$

Relative utilization ratio:

$$U_{plate.V} := \frac{V_{Ed.plate}}{V_{pl.Rd}}$$

$$U_{plate.V} = 43.736\ 1\%$$

$$Control_{shear} = \text{“No reduction in the design moment resistance due to shear force.”}$$

Design yield strength:

$$f_{yd.plate} = 305\ MPa$$

Corrosion on steel plate:

$$corr_s = 3.75\ mm$$

Plastic section modulus:

$$W_{plate} := \frac{\left(c_2 - d_{h.sp} - 4 \cdot corr_s\right) \cdot \left(w_p - 2 \cdot corr_s\right)^2}{4} = \left(4.219 \cdot 10^4\right)\ mm^3$$

Bending moment capacity:

$$M_{pl.Rd} := W_{plate} \cdot f_{yd.plate} = 12.848\ kN \cdot m$$

Utilization ratio:

$$U_{plate.M} := \frac{M_{Ed.plate}}{M_{pl.Rd}}$$

$$U_{plate.M} = 1.802\ 1\%$$

Steel plate capacity:

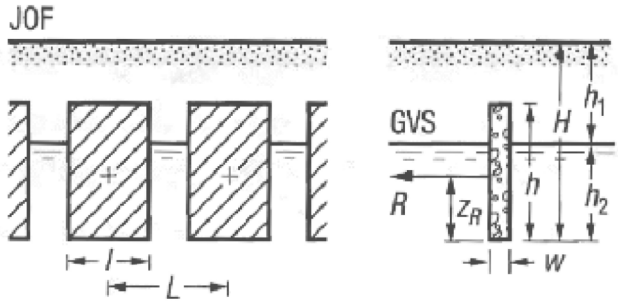
$$steel_{plate} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } U_{plate.M} \le 1 \wedge U_{plate.V} \le 1 \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{if } U_{plate.M} > 1 \vee U_{plate.V} > 1 \\ \quad \text{“NOT OK”} \end{array} \right\| = \text{“OK”}$$

SUMMARY

Load

Anchor load - ULS: $A_{ULS.h} = 521\ kN$

Anchor load - ALS: $A_{ALS.h} = 658\ kN$



NOTE! Anchor and anchor plate are placed perpendicular on each other.

Anchor Plate

Height plate: $h = 1.70\ m$

Length plate: $l = 1.7\ m$

Thickness plate: $w = 0.35\ m$

Distance between plates: $L = 2.80\ m$

Distance from bottom of plate to anchor point: $z_r = 0.85\ m$

Diameter anchor hole: $d_{h.ap} = 55\ mm$

Moment capacity: $U_h = 50.796\ 1\%$ $\quad moment_{capacity} = \text{“OK”}$

$U_v = 50.796\ 1\%$

Maximum punching capacity: $U_{max.punching} = 34.476\ 1\%$ $\quad Punching_{max.capacity} = \text{“OK”}$

Shear punching capacity: $U_{shear.punching} = 72.115\ 1\%$ $\quad Punching_{shear.capacity} = \text{“OK”}$

Steel Plate

Height and length plate: $c_1 = 185\ mm$

$c_2 = 185\ mm$

Thickness plate: $w_p = 45\ mm$

Diameter anchor hole: $d_{h.sp} = 50\ mm$

Yield strength plate: $f_y = 335\ MPa$

Steel plate capacity: $U_{plate.M} = 1.802\ 1\%$ $\quad steel_{plate} = \text{“OK”}$

$U_{plate.V} = 43.736\ 1\%$

Reinforcement

Diameter reinforcement vertical:	$\phi_v = 14\ mm$	
Diameter reinforcement cc:	$cc_v = 150\ mm$	
Diameter reinforcement horizontal:	$\phi_h = 14\ mm$	
Diameter reinforcement cc:	$cc_h = 150\ mm$	
Reinforcement quantity, horizontal:	$n_h = 11$	
Reinforcement quantity, vertical:	$n_v = 11$	
Minimum concrete cover:	$c_{min} = 40\ mm$	
Moment capacity control:	$U_v = 50.796\ 1\%$	$moment_{capacity} = \text{“OK”}$
	$U_h = 50.796\ 1\%$	
Crack control:	$U_{v.crack} = 98.561\ 1\%$	$Crack_{control} = \text{“OK”}$
	$U_{h.crack} = 98.561\ 1\%$	
Reinforcement vertical:	$\omega_{tv} = \text{“OK: normal reinforcement”}$	
Reinforcement horizontal:	$\omega_{th} = \text{“OK: normal reinforcement”}$	