

**Dovrebanen
(Fåberg) – Vinstra
Ringebu, km 241
Randklev bru**

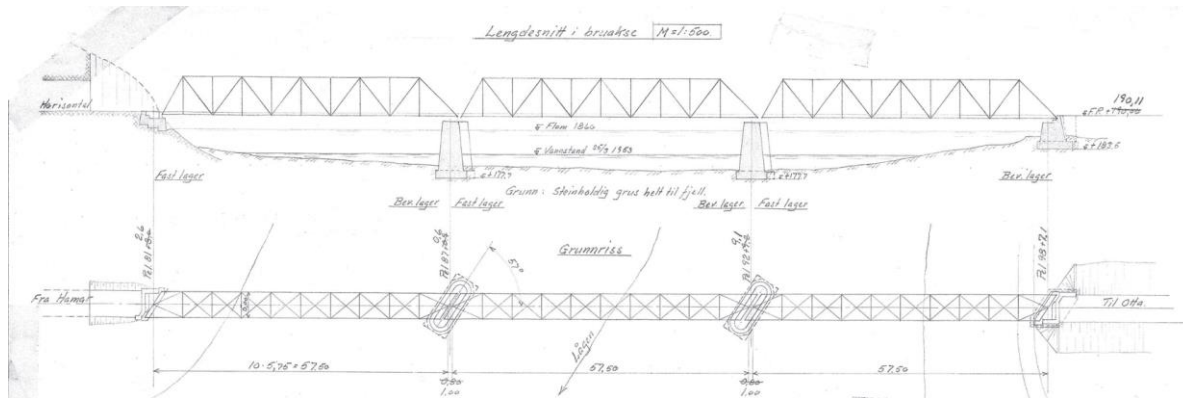
**GEOTEKNISK BEREGNINGSRAPPORT
JERNBANE BRU AKSE 3**

00-1	Til gjennomlesning	14.12.2023	KIAA	ERPY	AFLOSL
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Dovrebanen (Fåberg) – Vinstra Ringebu, km 241 Randklev bru Geoteknisk beregningsrapport jernbanebru akse 3		Ant. sider	Fritekst 1d		
		64	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent		
		Prod. dok. nr.			
		Erstatning for			
		Erstattet av			
Prosjekt: 60070710		Dokument nr.: POM-03-A-00017			Rev. 00-1
		FDV-dokument nr.:			Rev.

1	INNLEDNING.....	3
2	GRUNNLAG	4
3	GRUNNFORHOLD	6
4	GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER.....	7
4.1	REGELVERK OG DOKUMENTER.....	7
4.2	GEOTEKNISK KATEGORI	7
4.3	PÅLITELIGHETSKLASSE (CC/RC).....	7
4.4	PROSJEKTERINGS- OG UTFØRELSESKONTROLL	7
4.5	GRUNNTYPE.....	8
4.6	NATURFARE, SIKKERHET MOT SKRED	8
5	VURDERING AV DAGENS SITUASJON	9
6	FUNDAMENT AKSE 3	11
6.1	GEOMETRI	11
6.2	BÆREEVNE	13
6.3	SETNINGER	14
6.3.1	<i>Laster</i>	14
6.3.2	<i>Plaxis 2D</i>	14
6.3.3	<i>Resultater</i>	15
6.4	EROSJONSSIKRING	16
6.5	DISKUSJON	17
7	KONTROLLPLAN FOR UTFØRELSE.....	19
8	REFERANSER	20
9	VEDLEGG	21

1 INNLEDNING

Dagens jernbanebru over Lågen ble bygget i 1957. Brua er en trespenns stålfagverksbru hvor de to midterste pilarene var direktefundamentert på elvebunnen. Nordre pilar veltet under ekstremværet «Hans», august 2023. Etter elvebunnskartlegging utført i uke 35 og 36 i 2023, ble det oppdaget betydelig erosjon ved pilarene.



Figur 1: Bru over Lågen ved Randklev (Norge statsbaner brukontoret, Tegning Hamar - Otta nr 374 Bk. 12576, 11/10 1954)

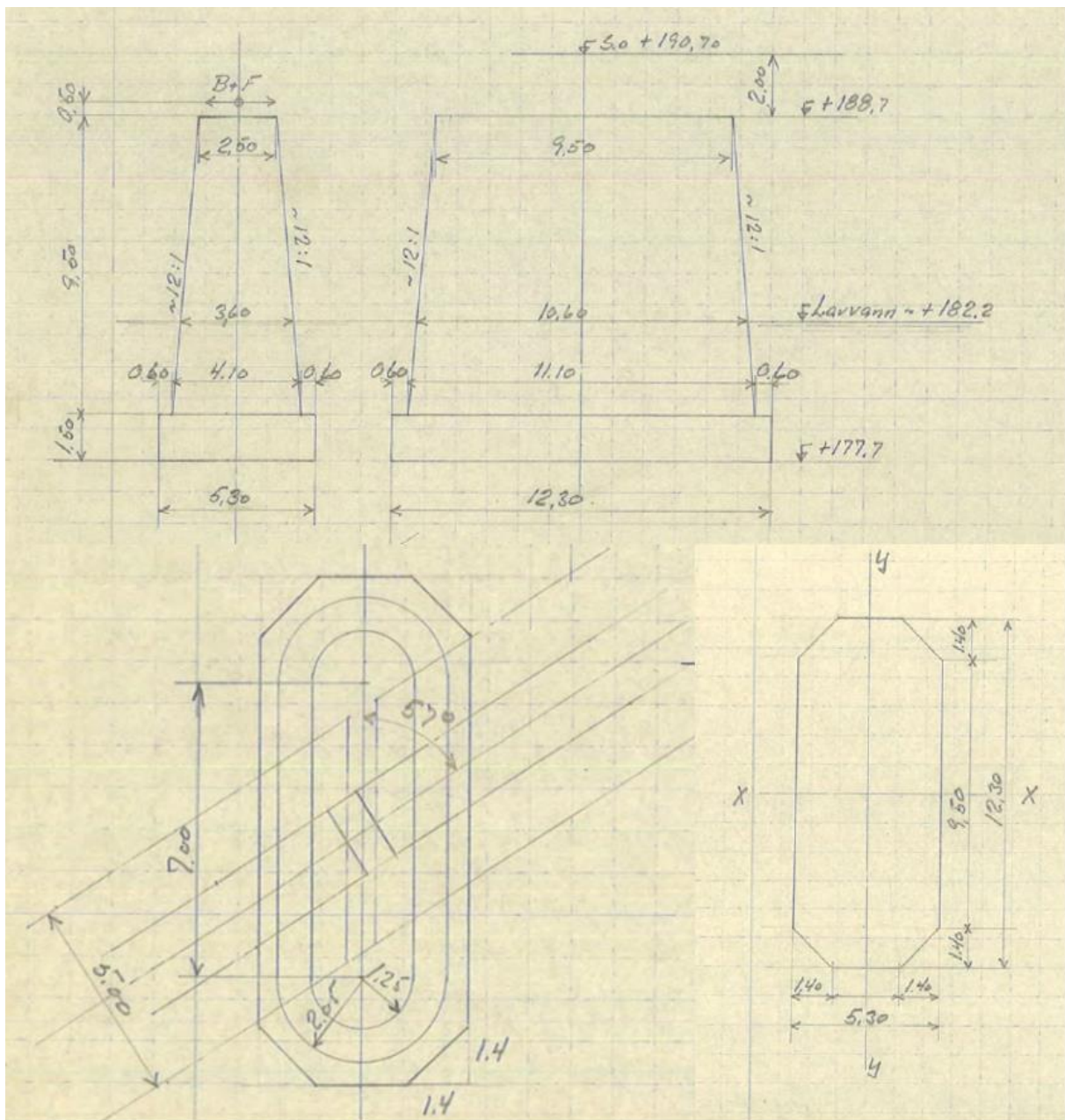
Notatet omfatter geoteknisk prosjektering av Randklev jernbanebru akse 3, herunder vurdering av bæreevne og setninger.

2 GRUNNLAG

Vurderingene i denne rapporten gjøres med bakgrunn i brugeometri vist i dokument: KU-167662-000_000_000_001, med tilhørende beregningsdokumentasjon for underbygningen. Beregningsdokumentasjonens forside er vist i figuren under.

Figur 2: Beregningsdokumentasjon "Bru over Lågen ved Randklev", BK 12576, underbygning, 18/9 1954.

Brupilarenes geometri kommer frem av figuren under. Fra oversiktstegning vist i Figur 1 antas opprinnelig UK fundament på kote +177.7 (NN54). NN2000 ligger 17cm over NN54 i området. Følgelig antas teoretisk UK fundament på kote +177.87 (NN2000). Det er opplyst fra RIB at fundamentet er rektangulært og ikke avrundet som vist på tegning.



Figur 3: Geometri brufundament. Hentet fra overnevnt beregningsdokumentasjon.

Det er gjennomført en elvebunnskartlegging 6. september 2023, som legges til grunn for vurderinger i denne rapporten. Kartleggingen er gjennomført ved multistråle ekkolodd fra båt. Høydekurvene som vises under fundamentet, er interpolert mellom nærmeste tilgjengelige datapunkt på siden av fundamentet.

3 GRUNNFORHOLD

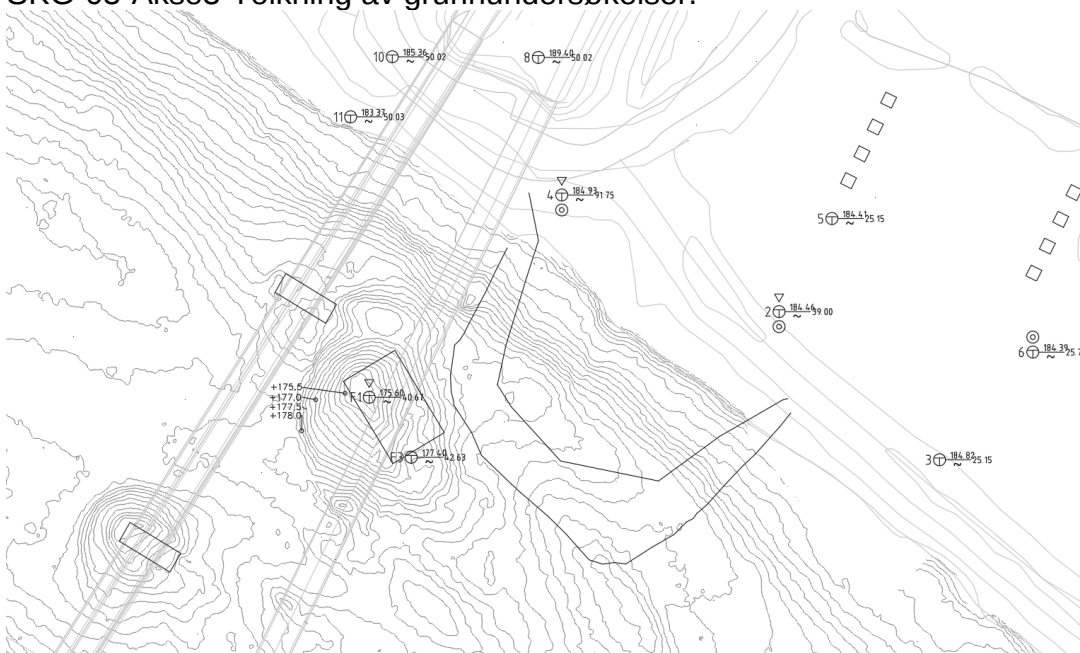
Oversiktstegning av bruens omtaler løsmassene under fundamentene som «Steinholdig grus helt til fjell.»

Rambøll har gjennomført grunnundersøkelser på land og vann i forbindelse med det pågående oppdraget. Figur 4 viser foreløpig situasjonsplan over området. Foreløpig fundamentplassering i akse 3 er tegnet inn som et rektangel. Totalsondering F1 og F3 er gjennomført fra flåte. F1 viser i underkant av 2 meter med fastere masser over sand med varierende fasthet. Punkt F3 viser i underkant av 6 meter med fastere masser over sand. Begge borpunktene ble avsluttet i løsmasser på kote +135 etter 40 – 43 meters boring i løsmasser. Nærliggende sonderinger på land øst for akse 3 viser tilsvarende lagdeling med varierende dybder. Ved det nord-østlige landkaret til jernbanebrua ble det boret 91,7 meter uten å påtreffe berg. Ved kornfordelingsanalyser på land er det fastere laget definert som sandig, grusig materiale, mens det underliggende laget er definert som ensgradert sand. Lagdelingsdybden mellom øvre fastere lag og sanden varierer mellom ca. 2 til 15 meters dybde. Det er ikke satt ned poretryksmålere, men grunnvannstanden ble målt i forbindelse med prøvetakning i borhull 4 til å ligge ca. 2,0 meter under terrengnivå, tilsvarende kote +182,9. Det antas at grunnvannstanden i området tilsvarer tilnærmet vannstanden i elva. Løsmassene vurderes å være permeable og det antas at poretrykket er hydrostatisk fra nivå med vannstanden elva. Med bakgrunn i gjennomførte grunnundersøkelser i vann og land er grunnforholdene ved akse 3 tolket til:

Tabell 1: Tolket lagdeling og materialparametere ved akse 3.

Lag	Bunnkote [m]	Phi [°]	a [kPa]
Grus / grusig sand	+174	38	5
Sand	+135 og dypere	35	5

For detaljert tolkning og beskrivelse av grunnundersøkelsene vises det til Vedlegg 1: SKG-03-Akse3-Tolkning av grunnundersøkelser.



Figur 4: Situasjonsplan med foreløpig fundamentomriss akse 3.

4 GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER

4.1 Regelverk og dokumenter

For geoteknisk prosjektering av tiltaket gjelder følgende regelverk:

- NS-EN 1990:2002+NA:2016 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [1]
- NS-EN 1997-1:2004+NA:2020 Geoteknisk prosjektering [2]
- NS-EN 1998-1:2004+NA:2021 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning–Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger [3]
- Bane NORs tekniske regelverk (TRV) [4]

Av relevante dokumenter for prosjekteringen i denne rapporten nevnes:

- POM-03-A-00005 Randklev bru, beregningsforutsetninger konstruksjon [5]
- POM-03-A-00011 Vurdering av stabilitet for kranfylling [6]
- POM-03-A-00012 Geoteknisk datarapport [7]
- POM-03-A-00016 Geoteknisk beregningsrapport akse 2 [8]
- POM-03-A-00022 Ingeniørgeologisk rapport bane og vegtunnel [9]
- POM-03-A-00030 Statistiske beregninger og dimensjonering av fundament i akse 3 [10]
- POM-03-A-00039 Vurdering av sikringsfylling for bygging av pilar 3 [11]
- POM-03-A-00057 Dimensjonering av erosjonssikring ved Randklev bru [12]

4.2 Geoteknisk kategori

Prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier avhengig av kompleksitet og risiko i henhold til Eurokode 7 del 1 kapittel 2.1 og TRV:08147. De planlagte arbeidene omfatter prosjektering av brufundament samt fyllinger/utgravinger over og under vann. Prosjektet plasseres i **geoteknisk kategori 2**.

4.3 Pålitelighetsklasse (CC/RC)

Pålitelighetsklasse fastsettes med bakgrunn i Eurokode 0 tabell NA.A1(901) og TRV:08151. Randklev bru er en jernbanebru. Ut fra ovenstående velges **pålitelighetsklasse RC3** og **konsekvensklasse CC3** for fundamenteringsarbeidene til Randklev bru.

4.4 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Tiltaket er plassert i CC/RC3 som medfører **prosjekteringskontrollklasse 3** (PKK3) (TRV:08152). PKK3 medfører krav til egenkontroll (DSL 1), intern systematisk kontroll (DSL 2) og utvidet kontroll (DSL 3) for prosjektering. Standarden angir at utvidet kontroll i PKK3 bør i tillegg til en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket, minst omfatte kontroll av de samme punktene som angitt for egenkontroll i Eurokode 0 NA.A1(903.2). Kontrollen kan begrenses til stabilitet ved geoteknisk prosjektering.

Tiltakene er plassert i CC/RC3 som medfører **utførelseskontrollklasse 3** (UKK3) (TRV:08152). UKK3 medfører krav til egenkontroll (IL 1), intern systematisk kontroll (IL 2) og utvidet kontroll (IL 3) for utførelse. Standarden angir at utvidet kontroll i UKK3 innebærer en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket. Det utførende arbeidet skal i tillegg kontrolleres tilstrekkelig for å gi tillit til at arbeidet er tilfredsstillende. Kontrollen kan være basert på stikkprøver og skal være tilpasset de

funn som blir gjort. Spesielt viktige og kritiske området av betydning for byggverkets sikkerhet skal kontrolleres. Den utvidede kontrollen skal utføres parallelt med utførelsen der dette er hensiktsmessig, og det skal legges til rette for gjennomføringen.

4.5 Grunntype

Grunntype defineres i henhold til Eurokode 8 del 1 tabell NA.3.1. Grunnforholdene varierer mellom grunntype A: *fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten* og grunntype C: *Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter*.

Landkar i akse 1 står på berg. For valg av grunntype er det de øverste 30 meterne av jordprofilen som er dimensjonerende. Grunnundersøkelser i elva viser at grunnforholdene ved akse 2 og 3 er de øverste 30 meterne er tilsvarende som ved akse 4. Resultater fra grunnundersøkelser på land, tett på akse 4 benyttes som representativt jordprofil for akse 2, 3 og 4. Grunnundersøkelsene ved akse 4 er opp mot 91 meter dype, uten bergkontakt. Representativt jordprofil antas som 10 meter med grus / grusig sand og 20 meter med sand, med relativ lagringstetthet 30%. For ytterligere beskrivelse av jordprofil vises det til datarapport POM-03-A-00012 og Vedlegg 1. Det er gjennomført sensitivitetsberegninger ved en øvre og nedre stivhet i de øverste 10 meterne, med resulterende $V_{S,ave}$ lik 195 – 250 m/s for representativt jordprofil. Dimensjonerende grunntype er oppsummert under.

Akse	Grunntype
1	A
2	C
3	C
4	C

Det opplyses fra RIB at bruene kommer innenfor utelatelseskriteriet for seismisk dimensjonering.

4.6 Naturfare, sikkerhet mot skred

I henhold til TRV 520, kap 8, 8.5 skal områdestabilitet vurderes i henhold til NVEs veileder nr. 01/2019 dersom det er kvikkleire i området.

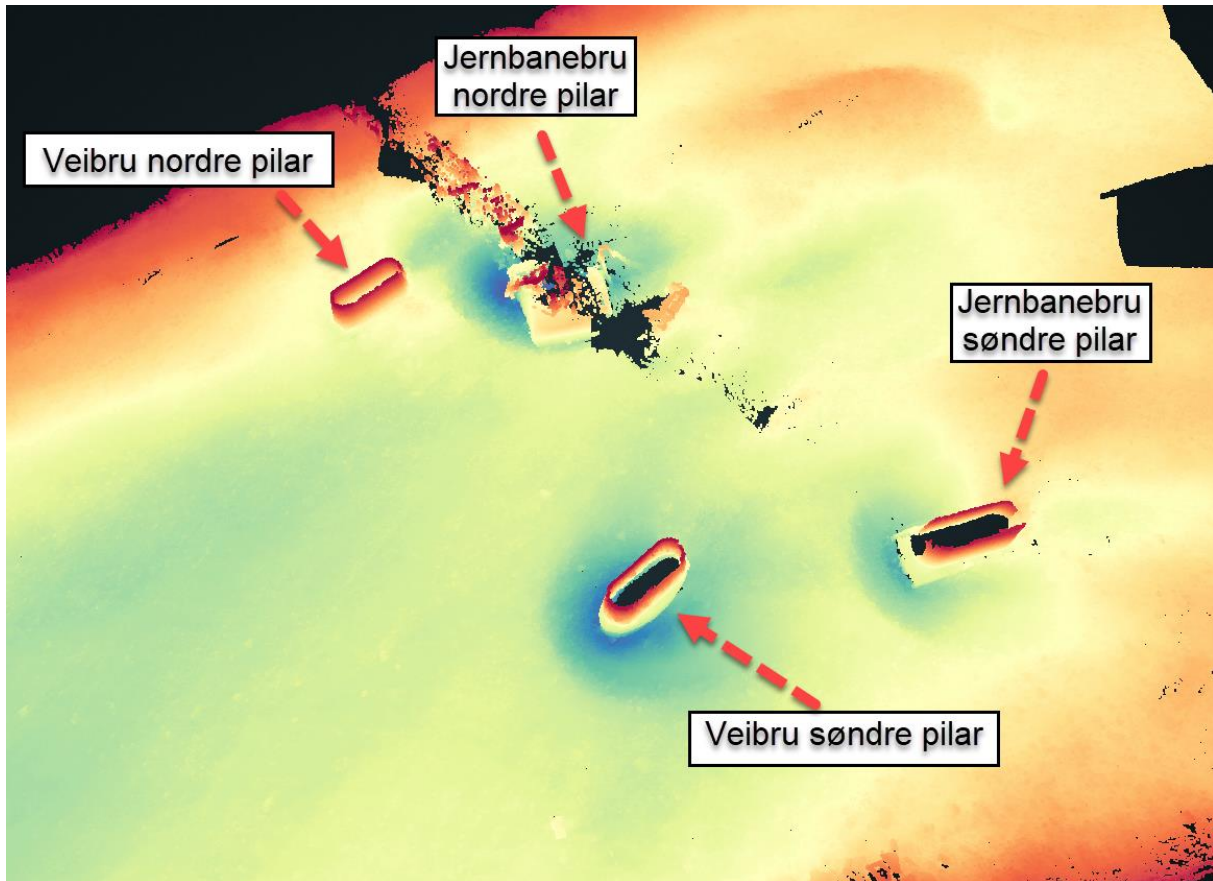
Områdeskred

Med bakgrunn i gjennomførte grunnundersøkelser og opptatte prøveserier antas grunnen i å bestå av friksjonsmasser i form av sand og grus, eventuelt siltig sand. Det er ikke oppdaget tegn til kvikkleire eller andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Det vurderes ut fra dette at sikkerhet i forhold til områdeskred er ivarettatt, og ikke behøver ytterligere utredning.

For vurdering av sikkerhet mot skred i bratt terreng vises det til ingeniørgeologisk rapport, POM-03-A-00022 [9].

5 VURDERING AV DAGENS SITUASJON

Med bakgrunn i tegninger vist i Figur 1, ser det ut til at elvebunnen ved konstruksjonstidspunktet har ligget i flukt med overkant fundament, tilsvarende ca. kote + 179,5 (NN2000). Ved å ta utgangspunkt i dette nivået ser det ut til å ha vært en generell bunnsenkning av elva i store deler av profilet, og at det over tid har pågått erosjon som har senket elvebunnen under begge bruene betydelig.

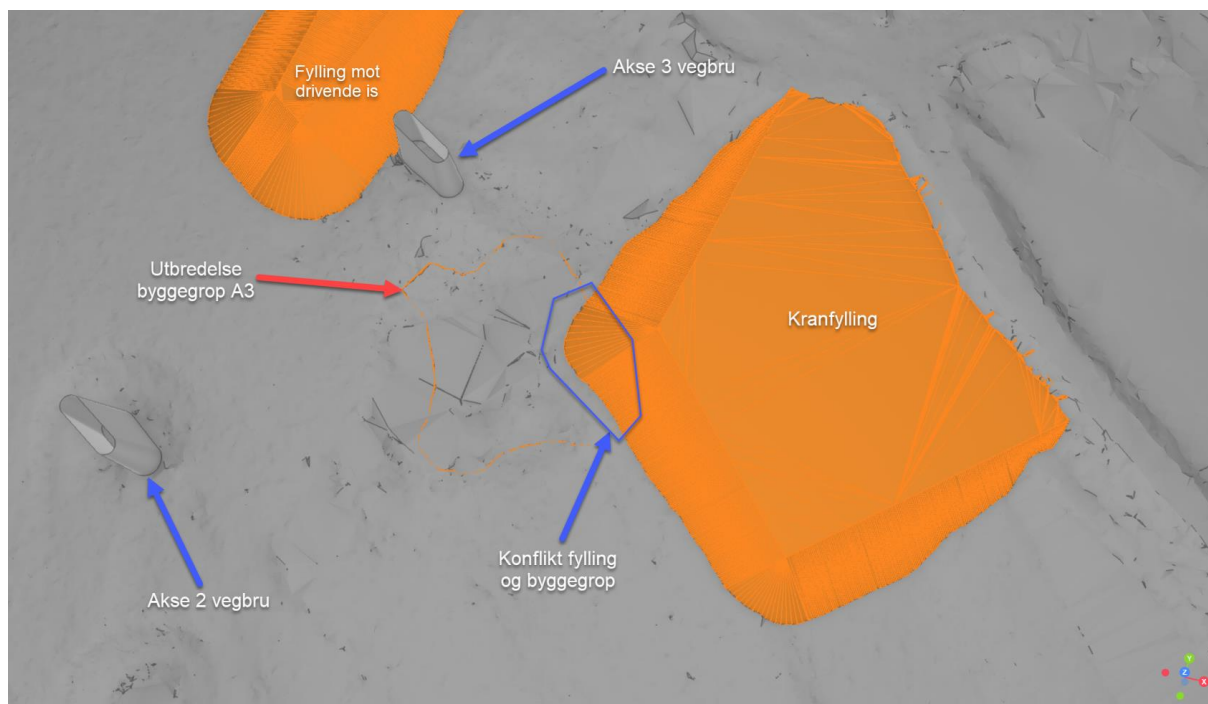


Figur 5: Oversiktsfigur av elvebunnskartlegging. Blå farge indikerer dypere elvebunn.

Elvebunnskartleggingen viser at erosjonen har vært størst rundt brupilarene, hvor begge fundamentene til jernbanebrua, og det sørligste fundamentet til veibrua er undergravd. I bakkant av det nordligste brufundamentet til veibrua er det også betydelig erosjon.

Det er i dag anlagt en kranfylling for utheising av fagverk og rester av brupilar og fundament, som vist i figuren under. Deler av fyllingens nord-vestre hjørne må fjernes for å få etablere byggegrop for nytt fundament i akse 3. Utgravingen antas stabil ved graveskråning 1:1.5. Det tas en ny vurdering av kranfylling ved tilbakeheising av fagverk.

Oppstrøms byggegropen, nord for vegbruen anlegges det en fylling for å redusere vannhastigheten og beskytte anleggsområdet mot drivende is. Fyllingen er beskrevet i POM-03-A-00039 [11].



Figur 6: Oversiktsbilde av området omkring akse 3.

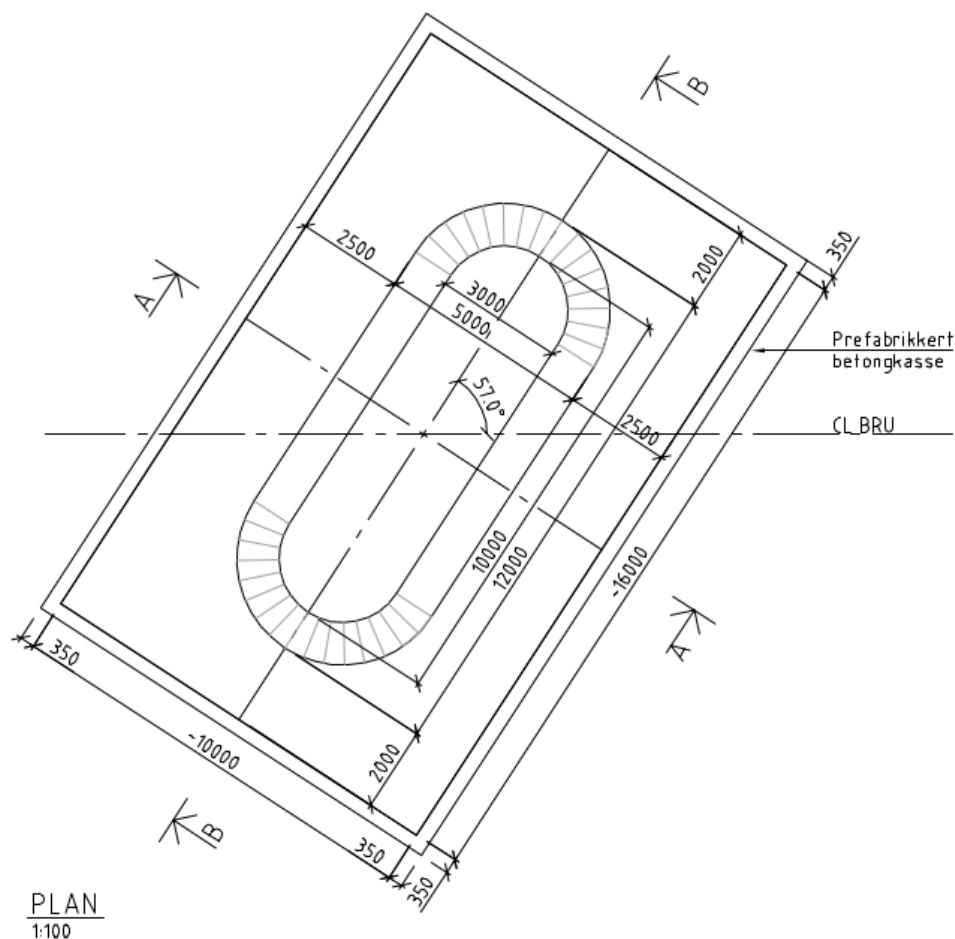
6 FUNDAMENT AKSE 3

Følgende kapittel inneholder nøkkelpunkter fra geoteknisk prosjektering av fundamentet i akse 3. For detaljerte bæreevne- og setningsberegninger vises det til beregningshefter vedlagt sist i denne rapporten.

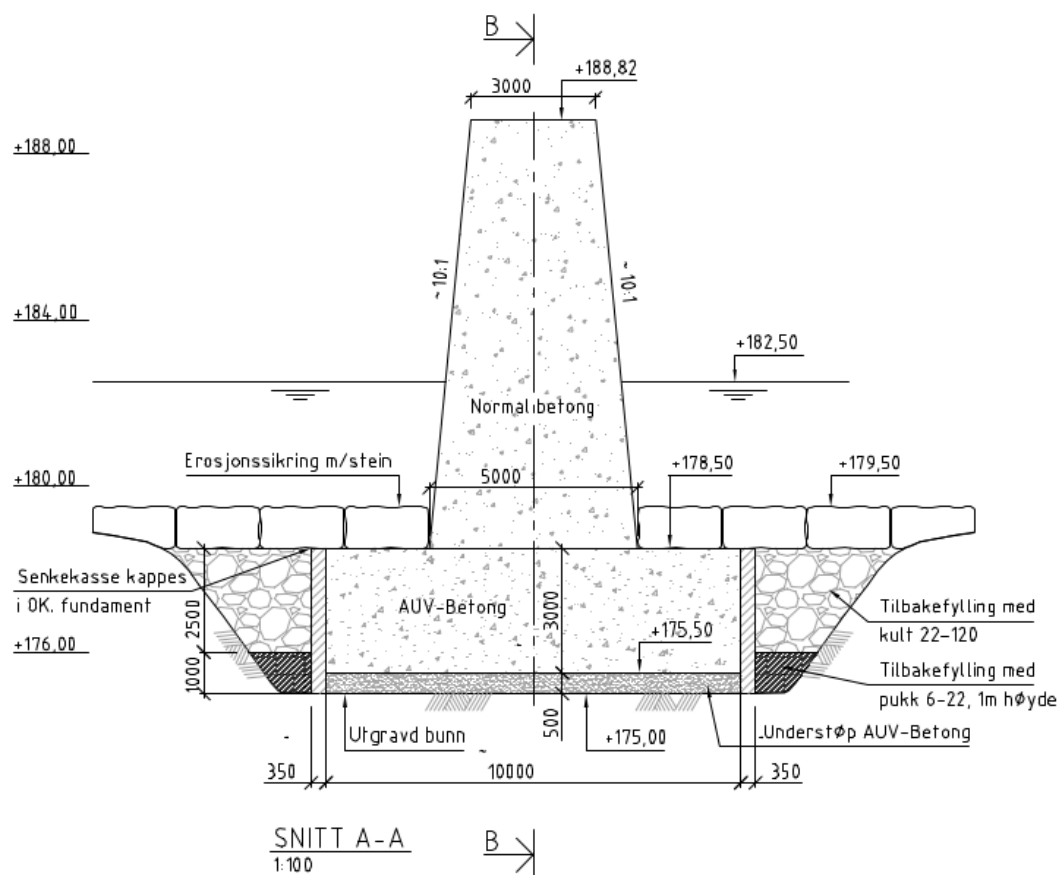
Grunnet utfordringer ved gjennomføring av komprimering under vann, skal fundamentet bygges på mest mulig urørte stedlige masser. Med bakgrunn i elvebunnsscanning er dypeste punkt i gropen ca. på kote +175.1. Stedlige masser under fundament er forbelastet av tidligere elvebunn, og av tidligere fundament. Elvebunnen graves ut til kote +175 med et fotavtrykk på 12 x 18 meter. Deretter senkes en prefabrikkert kasse av betong ned til avrettet elvebunn. Senkekassen har innvendig mål på 16x10 meter. Bunnen av kassen avrettes med AUV-betong opp til kote +175.5. Etter avrettingen av traubunnen støpes fundamentet med senkekassen som forskaling. Elvebunn reetableres opp til kote +179.5, med kult 22/120mm, og overliggende erosjonssikring. Den nederste meteren omkring senkekassen tilbakefylles med pukk 6-22mm.

6.1 Geometri

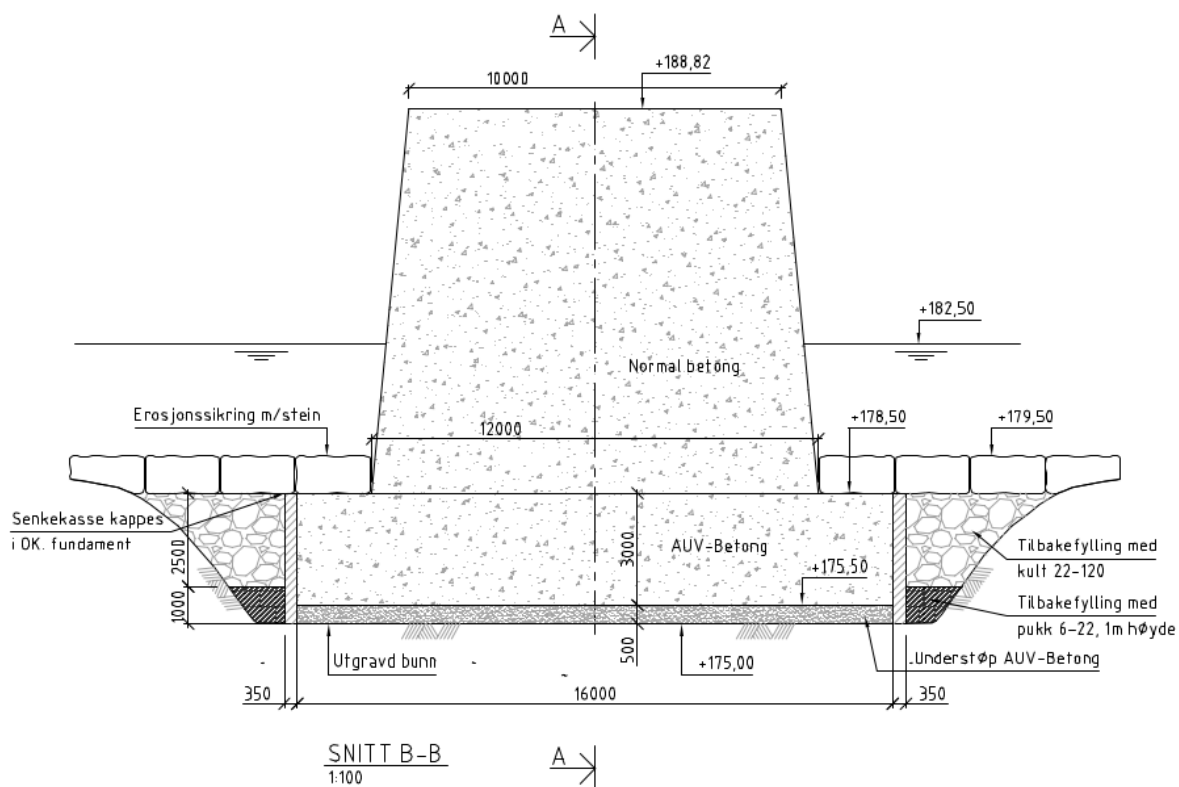
Geometri og prinsipp for utstøpning er vist i figurene under.



Figur 7: Plantegning fundament inkludert senkekasse.



Figur 8: Snitt A-A.



Figur 9: Snitt B-B.

6.2 Bæreevne

Bæreevnen regnes fra UK AUV-betong på 10x16 meter. Senkekassen omkring utstøpningen medtas ikke i beregningen da dette drar beregningene i konservativ retning. Ved et eventuelt bæreevnebrudd vil bruddet gå fra UK avrettingsbetong på kote +175. Det antas derfor en overlaging på 4.5 meter tilsvarende 45 kPa i beregningene, og nøytral bruddmekanisme.

Beregningene gjennomføres for et representativt løsmasselag, der parameterne fra det dypeste sandlaget legges til grunn for beregningene. Dette drar beregningene i konservativ retning, ettersom det øvre gruslaget vurderes å ha høyere friksjonsvinkel. Bæreevnen beregnes i lengde- og bredderetning av fundamentet. For beregning av ruhet benyttes resultanten av horisontalkreftene over effektiv arealflate. Det legges inn en maksimal teoretisk bæreevne på 500 kPa.

Beregningene viser tilstrekkelig kapasitet i samtlige lasttilfeller, med maksimal utnyttelse ved lasttilfellet *Max-Sig beam ULS_eq.6.10Y+Z-*. Resultatene av bæreevneberegningene for de 10 lasttilfellene med høyest utnyttelse er oppsummert i tabellen under.

For ytterligere beskrivelse av inputparametere, lasttilfeller og beregningsresultater vises det til Vedlegg 2: SKG-03-Akse3-Bæreevne.

Tabell 2: Resultater bæreevne.

$\varphi = 35^\circ$ Overlagring = 45 kPa	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y+	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b
	OK	OK	OK	OK	OK
Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK
Ruhet	OK	OK	OK	OK	OK
Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	296.9	292.4	292.4	314.1	327.2
Beregnet bæreevne x-retning, σ_x	296.0	330.1	330.1	500.0	500.0
Beregnet bæreevne y-retning, σ_y	357.2	403.8	403.8	500.0	500.0
Maksimal utnyttelse drenert beregning	100 %	89 %	89 %	63 %	65 %

$\varphi = 35^\circ$ Overlagring = 45 kPa	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y-	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_a Y
	OK	OK	OK	OK	OK
Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK
Ruhet	OK	OK	OK	OK	OK
Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	327.2	371.3	371.3	339.8	235.7
Beregnet bæreevne x-retning, σ_x	500.0	500.0	500.0	500.0	464.6
Beregnet bæreevne y-retning, σ_y	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
Maksimal utnyttelse drenert beregning	65 %	74 %	74 %	68 %	51 %

6.3 Setninger

Setningstoleranser fremkommer av POM-03-A-00030 [10]. Bruas overbygning prosjekteres slik at den minst kan oppta en setningsdifferanse på 1/1000 av avstanden mellom fundamentaksene eller, ved lange spenn, inntil 50 mm. For fundamentet i akse 3 vil det i praksis gi en maksimal setningstoleranse på 50mm.

Det skal etableres en nivelleringsbolt i topp pilar for overvåking av påløpte setninger etter pilaren er ferdigstøpt. Setninger som følge av egenvekt til fundament, pilar og senkekaske skal være påløpt innen bruoverbyggingen heises på plass.

Forventede setninger for akse 3 beregnes i Plaxis 2D.

6.3.1 Laster

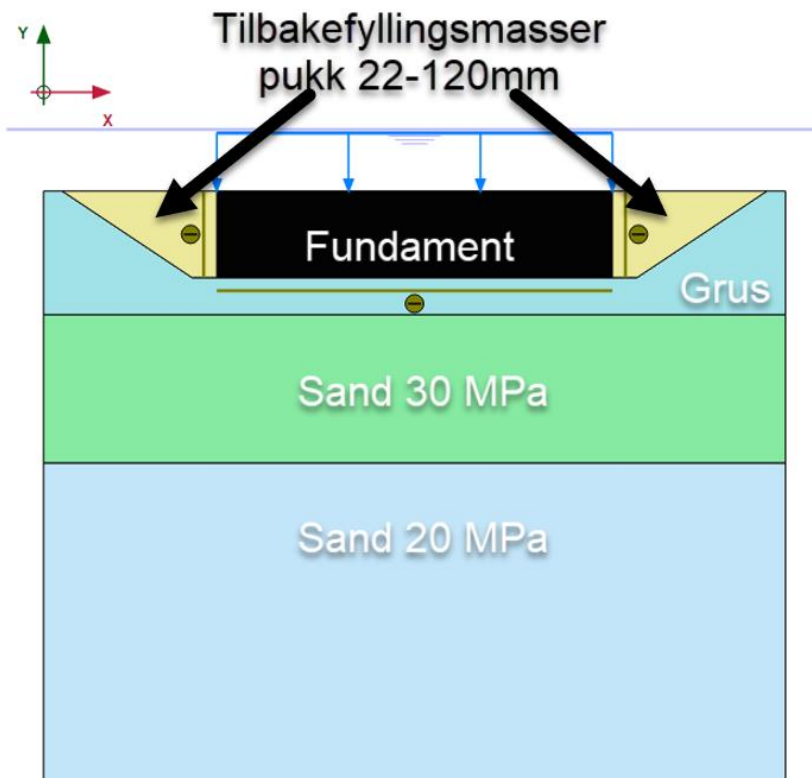
Setningsgivende laster oppgis av RIB. Pålastning UK fundament vil foregå over flere faser, etter hvert som fundament, pilar og erosjonssikring etableres. Grunnen består av permeable masser, og setninger vil påløpe i takt med pålastning. Før montering av bruoverbygning kan høyde på brulagre justeres, slik at det kun er påførte laster etter denne fasen som gir setninger på bruoverbygningen. Bidrag fra egenvekt til fundament og pilar er derfor ikke definert som setningsgivende. Følgende faser er lagt til grunn i beregningen:

- Fase 1: Etablering av fundament, pilar og senkekaske
- Fase 2: Avkutting av senkekaske over OK fundament (avlastning)
- Fase 3: Etablering av bru, brubane og erosjonssikring
- Fase 4: Vekt tog

Setningene som oppstår etter fase 2 antas som setningsgivende. Fase 4 med vekt av tog inkluderes, da dette drar beregningene i konservativ retning. For ytterligere detaljer omkring laster, og forutsetninger vises det til Vedlegg 3: SKG-03-Akse3-Setninger.

6.3.2 Plaxis 2D

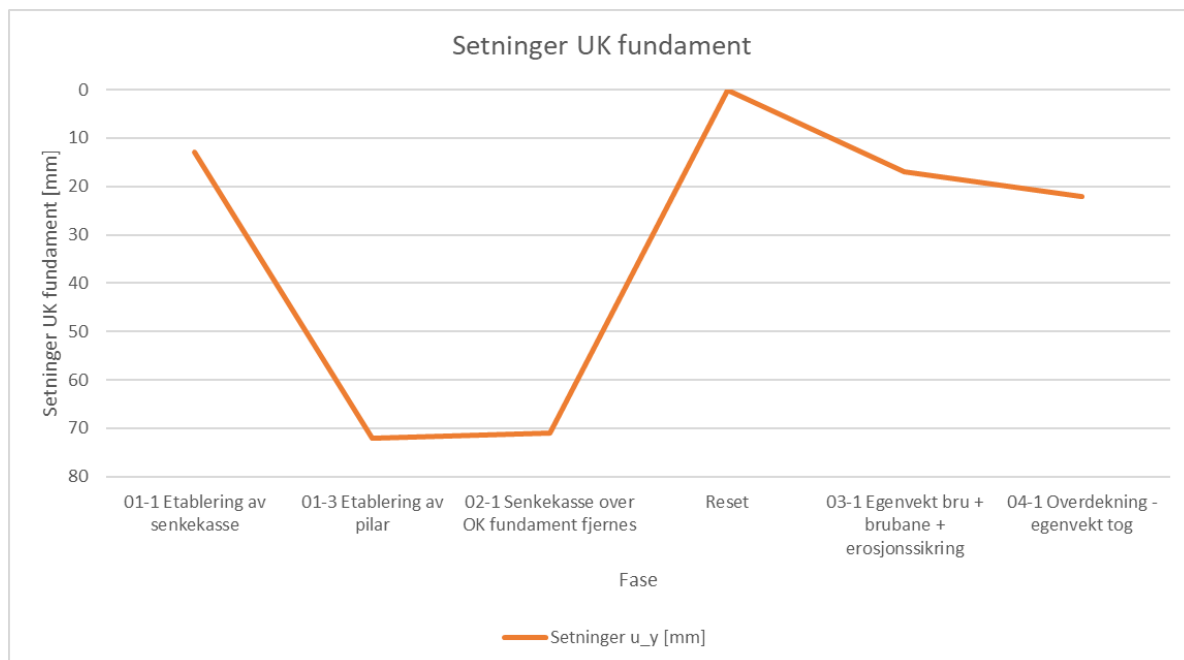
Utsnitt av modellgeometri er vist i figuren under. Beregningen gjennomføres ved pålastning over fundamentet i forskjellige lasttilfeller. Pålastningen tilbakeregnes slik at spenningene i nivå med UK fundament i modell tilsvarer teoretisk last i de forskjellige fasene, og på den måten verifiserer modellen. Interface på fundamentenes sideflater settes lik 0, slik at all last på fundamentet virker på UK fundament, da det ikke mobiliseres skjærkrefter langs sideflatene. For ytterligere beskrivelse av modell og valgte materialparametere vises det til Vedlegg 3.



Figur 10: Plaxis 2D modell.

6.3.3 Resultater

Figuren under viser påløpte setninger ved de forskjellige fasene. Beregnede setninger nullstilles mellom fase 2 og 3. Dimensjonerende setninger for akse 3 settes i størrelsesområdet **20-30mm**, godt innenfor toleransekravet.

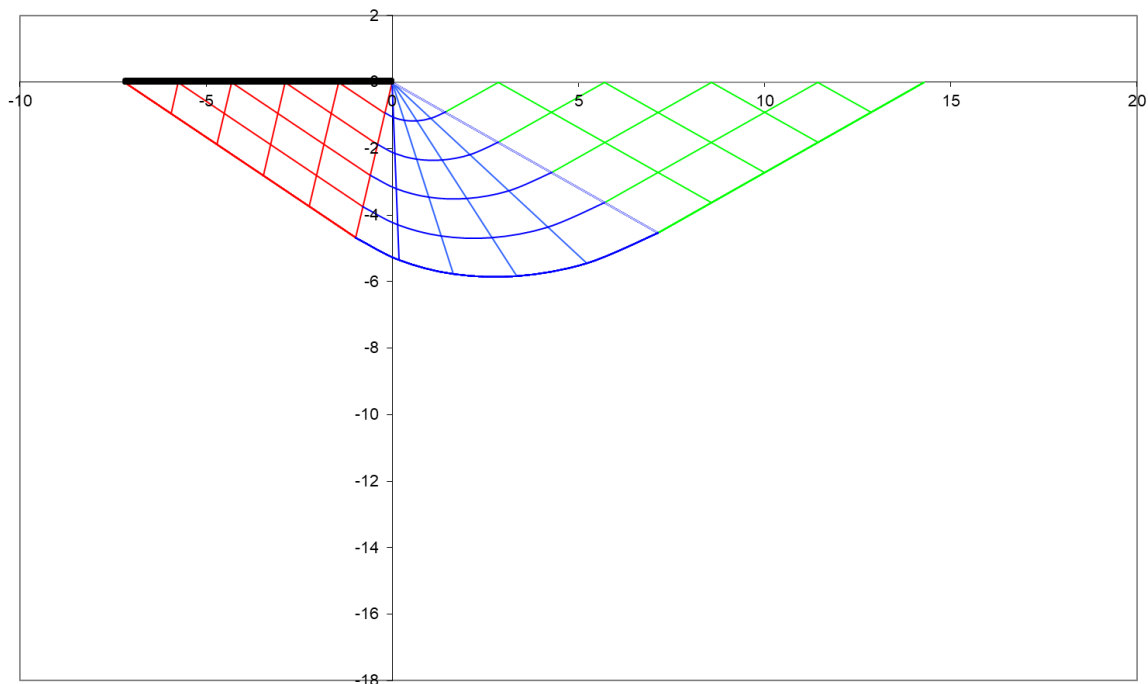


Figur 11: Setninger UK fundament.

Det er gjennomført en kontrollberegning i Geosuite Settlements ved bruk av et konservativt anslag av parameterne. Beregningen viser at setningene er i samme størrelsesområdet som beregnede setninger i Plaxis.

6.4 Erosjonssikring

For vurdering av utbredelse til erosjonssikring benyttes utbredelsene til spenningsfeltene fra underkant fundament. Spenningsfeltene er avhengig av friksjonsvinkel og mobilisert ruhet under fundamentet. Lasttilfellene med høyest utnyttelse har høyest mobiliserte ruhet, opp mot 0,75 under fundamentet, ved 35 grader friksjonsvinkel. Som vist i Figur 14 mobiliserer et slikt tilfelle løsmasser litt over 6m unna ytterkant fundament. Ved lavere ruheter er utnyttelsen av bæreevnen betydelig lavere, uten behov for 4,5m overlaging. Utbredelsen av erosjonssikringen må derfor være stor nok til at den gir nødvendig overdekning for kritiske lasttilfeller, samtidig som den grunnet økonomi, fremdrift og miljø ikke er større enn strengt tatt nødvendig. Som vist i vedlegg 2 er beregnet bæreevne langs fundamentbredden kritisk. Ved det fjerde høyeste utnyttede lasttilfelle, *Min-VZ Beam ULS_eq.6.10* er beregnet ruhet lik 0,45, B_0 lik 7.18m og utnyttet bæreevne lik 63% ved 45 kPa overlaging. Figur 12 viser teoretisk utbredelse av spenningsfeltene ved et slikt lasttilfelle. Sensitivitetsberegninger av overlagingen viser at overnevnte lasttilfelle har tilstrekkelig kapasitet mot bæreevnebrudd helt ned mot 15 kPa overlaging, det vil si opp til kote +176.5. Ved en heving av elvebunn til kote +179.5 inntil 15m unna fundamentet er laveste elvebunnsnivå innenfor potensiell bruddflate i bredderetning lik +178.4, altså nesten 2 meter høyere en nødvendig overlaging for lasttilfellet med fjerde høyest utnyttelse. Det antas dermed at en fylling opp til kote +179.5, minimum 15m fra ytterkant fundament er tilstrekkelig for å være sikret mot bæreevnebrudd. Fyllingen og brupilaren må erosjonssikres før vårfloppen inntreffer. For detaljer om erosjonssikring se notat POM-03-A-00057 [12].



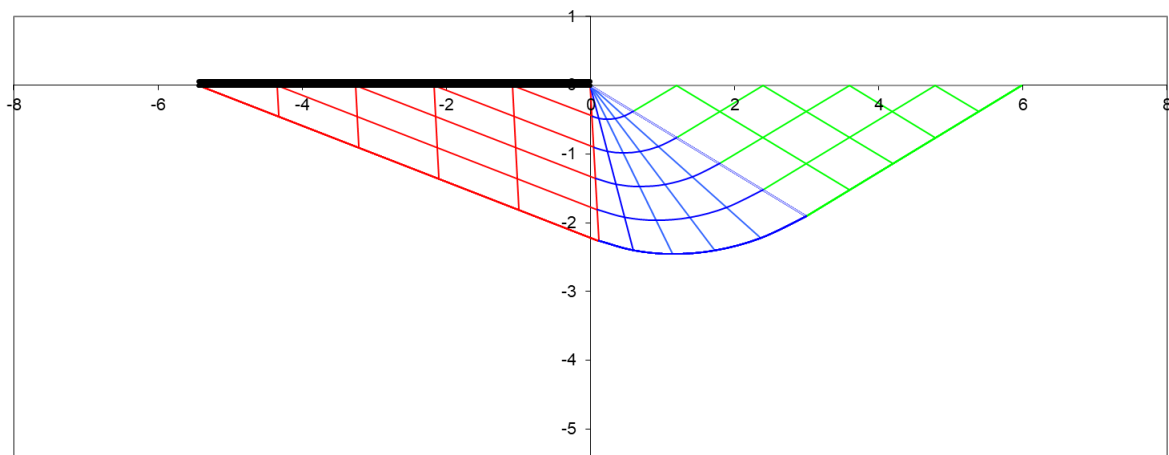
Figur 12: Teoretisk spenningsfelt under fundament ved *Min-VZ Beam ULS_eq.6.10*. $\phi = 35^\circ$, $r = 0.45$, $B_0 = 7.18\text{m}$.

6.5 Diskusjon

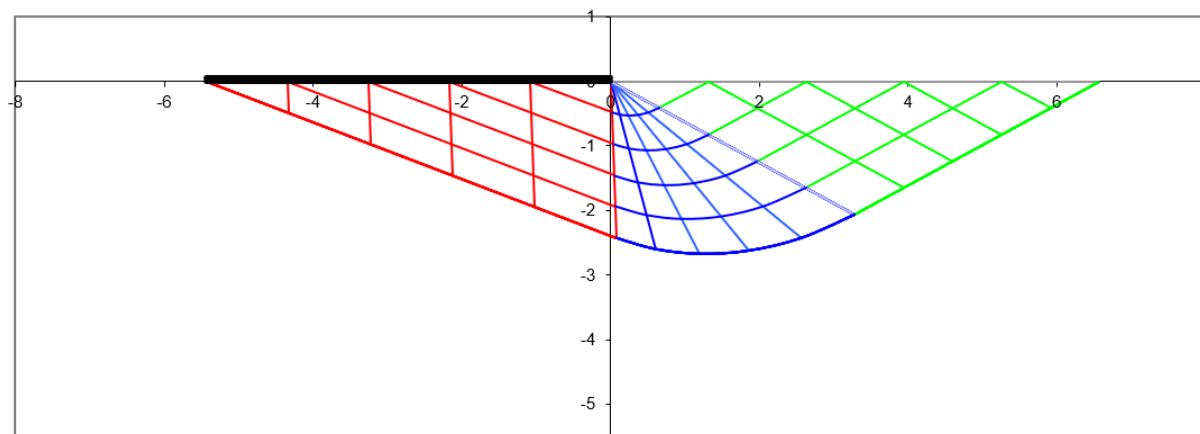
For lasttilfelle *MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10* Y+Z-er bæreevnen maksimalt utnyttet. Som vist i Vedlegg 2 mobiliserer dette lasttilfellet en ruhet på 0.75, ved friksjonsvinkel 35 grader ($\tan\phi = 0.47$) og effektiv fundamentbredde lik 5.43m. Figur 13 viser teoretiske spenningsfelt ved kritisk lasttilfelle. Spenningsfeltene er delt inn i ett snittelement, en Prandtl-sone og en passiv Rankine-sone. Som figuren viser, ligger store deler av spenningsfeltet innenfor gruslaget (ned til 1 meters dybde). Reell friksjonsvinkel i en slik situasjon vil av den grunn være høyere enn 35 grader som er benyttet i bæreevneberegningen. Ved å øke friksjonsvinkelen til 36 grader er utnyttelsen for tilsvarende lasttilfelle 90%. Dette gir en annen $\tan\phi$ og ruhet (henholdsvis 0.48 og 0.72), som igjen gir et dypere spenningsfelt, vist i Figur 14. Figuren viser at løsmassene mobiliseres inntil ca. -2.7 meters dybde, og at andelen av bruddflaten som ligger innenfor gruslaget fortsatt er betydelig. Reell friksjonsvinkel vil nok i virkeligheten ligge enda høyere enn dette igjen.

I tillegg til overnevnte faktorer er det gjort en forenkling i beregningen av opptredende ruhet under fundamentet, ved at friksjonsvinkelen for sandlaget benyttes (35°) for beregning av skjærkapasitet. I virkeligheten så er ruhet en verdi som sier noe om andelen av mobilisert friksjon ved opptredende skjærspenninger dividert på maksimal skjærkapasitet under fundamentet. For fundamentet i akse 3 kan det derfor benyttes friksjonsvinkel til gruslaget (38°), som gir en ruhet på 0.67 for kritisk lasttilfelle. Ved friksjonsvinkel på 35° og ruhet på 0.67 viser bæreevneberegningen 86% utnyttelse for kritisk lasttilfelle. Figur 15 viser mobiliserte spenningsfelt ved overnevnte lasttilfelle, med en mobilisering inntil ca. 3m under UK fundament.

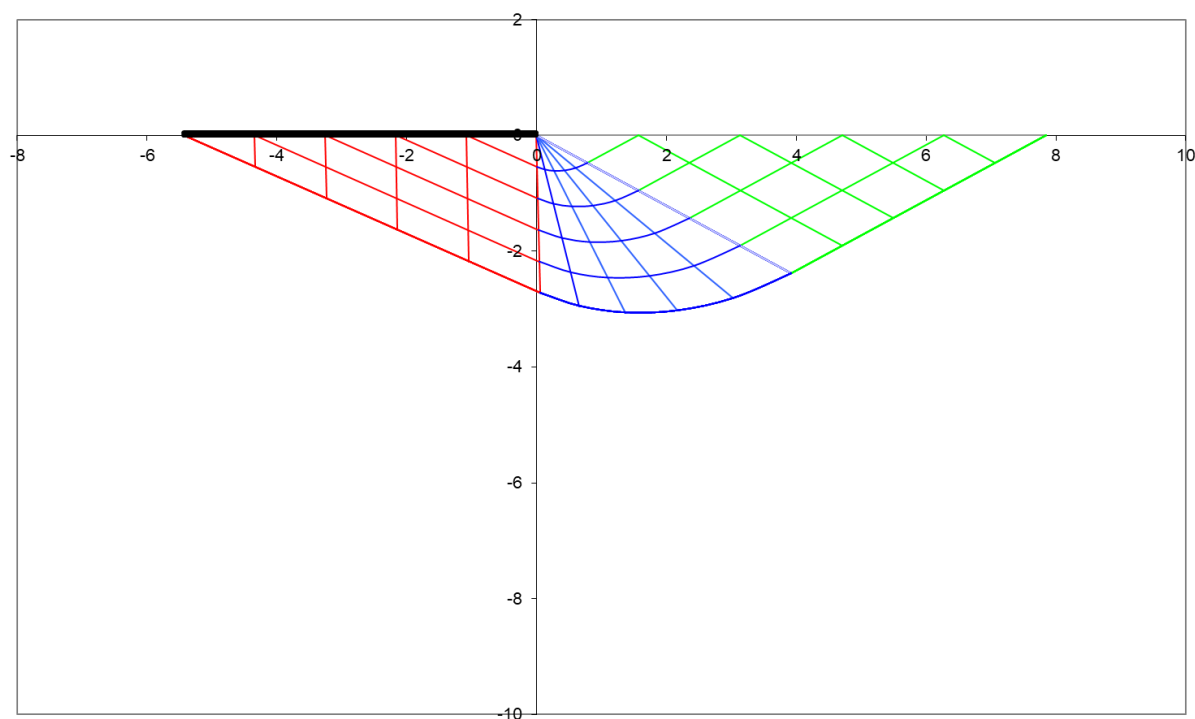
Med bakgrunn i overnevnte vurderes det til at prosjekteringen er robust og tilstrekkelig konservativ.



Figur 13: Teoretisk spenningsfelt under fundament ved kritisk lasttilfelle. $\phi = 35^\circ$, $r = 0,75$



Figur 14: Teoretisk spenningsfelt under fundament ved kritisk lasttilfelle. $\phi = 36^\circ$, $r = 0,72$



Figur 15: Teoretisk spenningsfelt under fundament ved kritisk lasttilfelle. $\phi = 35^\circ$, $r = 0,67$

7 KONTROLLPLAN FOR UTFØRELSE

Det skal utarbeides kontrollplan for utførelse før arbeidene starter. Følgende punkter ansees som viktige:

- Avretting av elvebunn må utføres slik at stabiliteten til pilar i akse 3 for veibrua ikke forverres.
- Høyde til brulagre må kontrolleres og justeres før montering av bruoverbygning. Det må påregnes at pilaren setter seg under bygging.
- Innmålte setninger i topp pilar skal være flatet ut innen bruoverbygningen etableres. Det foreslås 3 kontrollmålinger i løpet av to uker for vurdering av setningsforløp.
- Kontroll av utgravde masser for verifikasjon av løsmasser. Bør tas bilder av masser. Dersom avvik kontaktes geotekniker.
- Erosjonssikring må være ferdig utført innen sikringsfyllingen på oppstrøms side av vegbrua fjernes.

8 REFERANSER

- [1] Norsk Standard, «Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016),» 01.05.2016.
- [2] Norsk Standard, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, del 1: Almenne regler (NS-EN 1997-1:2004+A1:2013/NA:2020)».
- [3] Norsk Standard, «Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning, del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger (NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2021)».
- [4] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» 14.9.2023.
- [5] Rambøll AS, «POM-03-A-00005 Randklev bru, beregningsforutsetninger konstruksjon,» 11.10.2023.
- [6] Rambøll AS, «POM-03-A-00011 Vurdering av stabilitet for kranfylling,» 29.09.2023.
- [7] Rambøll AS, «POM-03-A-00012 Geoteknisk datarapport,» 07.12.2023.
- [8] Rambøll AS, «POM-03-A-00016 Geoteknisk beregningsrapport akse 2,» XXX.
- [9] Rambøll AS, «POM-03-A-00022 Ingeniørgeologisk rapport bane og vegtunnel,» 02.11.2023.
- [10] Rambøll AS, «POM-03-A-00030 Statiske beregninger og dimensjonering av fundament i akse 3,» 10.11.2023.
- [11] Rambøll AS, «POM-03-A-00039 Vurdering av sikringsfylling for bygging av pilar 3,» 20.11.2023.
- [12] Rambøll AS, «POM-03-A-00057 Dimensjonering av erosjonssikring ved Randklev bru,» XX.XX.XXXX.
- [13] Federal Emergency Management Agency (FEMA), «Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings,» November 2000.
- [14] Statens Vegvesen, «Rapport 604: Jordskjelv design i Statens vegvesen,» Mai 2017.

9 VEDLEGG

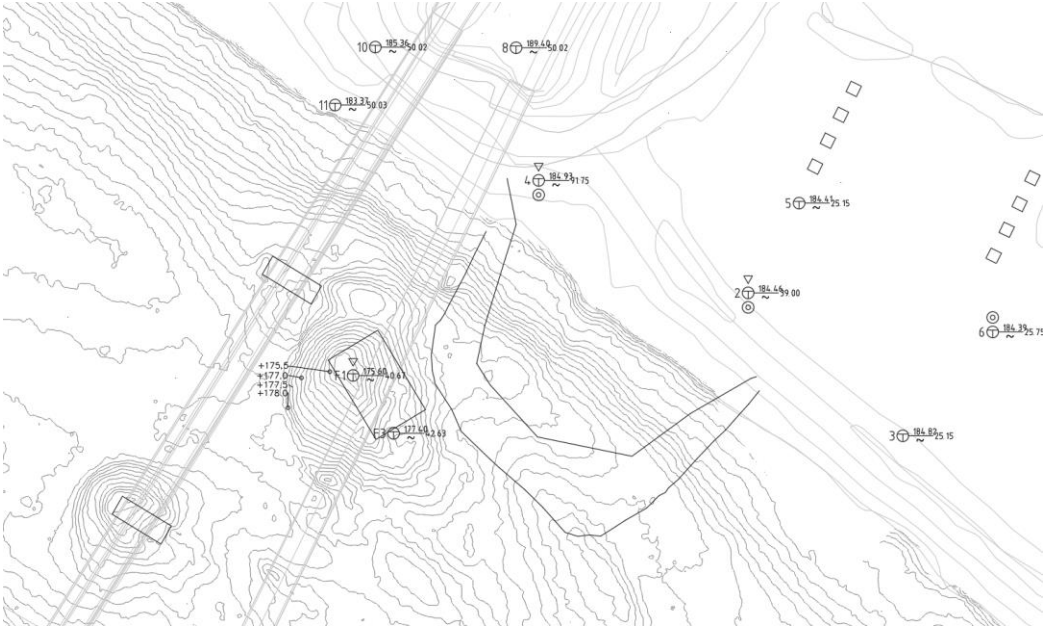
Vedlegg 1: SKG-03-Akse3-Tolkning av grunnundersøkelser

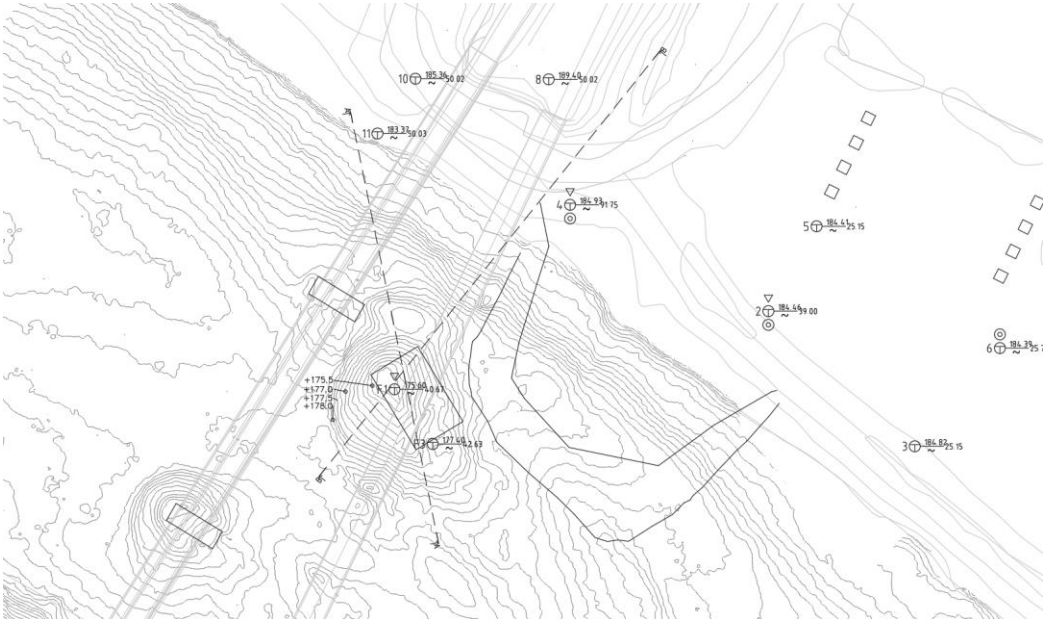
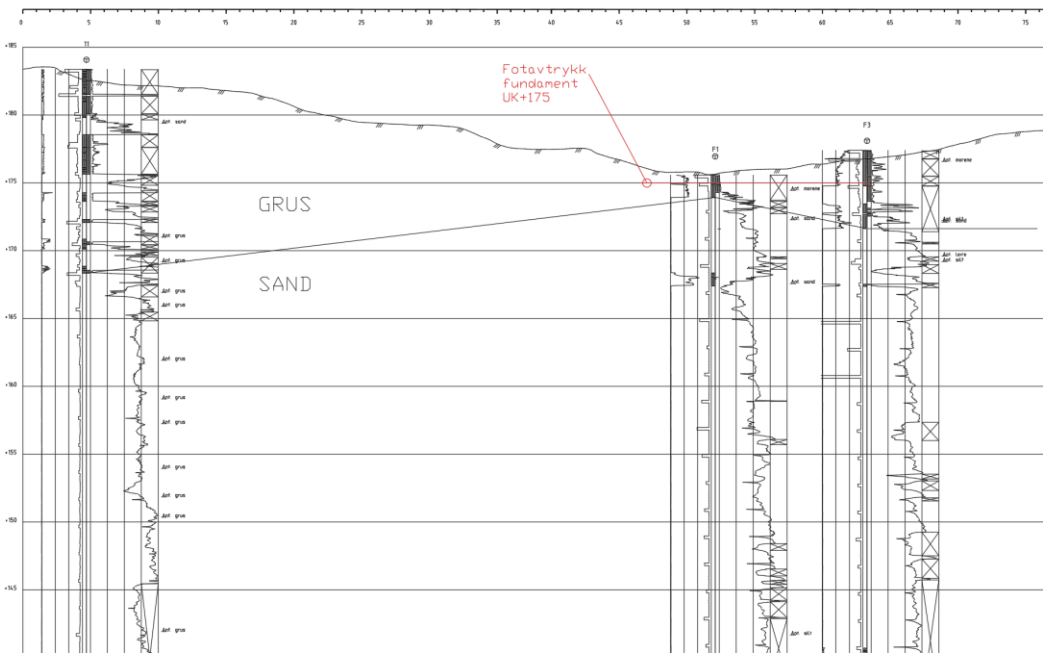
Vedlegg 2: SKG-03-Akse3-Bæreevne

Vedlegg 3: SKG-03-Akse3-Setninger

Oppdragsnr.: 1350057292
 Dokument nr: SKG03-Akse3-TolkningAvGrunnundersøkelser
 Oppdragsnavn: Randklev bru
 Oppdragsgiver: Bane NOR

Oppdragsleder: Aslak Flore
 Sidemannskontroll: Ernst Pytten
 Saksbehandler: Kristoffer Knoph Aamodt

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
1	GENERELT		
1.1	Randklev bru akse 3 skal refundamenteres ved direktefundamentert løsning av nytt fundament. Dette beregningsheftet omfatter tolkning av nærliggende grunnundersøkelser for akse 3 Randklev bru. Tolkningen gjennomføres med bakgrunn i POM-03-A-00012 Geoteknisk datarapport.	☒	☒
2	GRUNNFORHOLD OG GEOMETRI		
2.1	Lagdeling Utklippet under viser situasjonsplan omkring jernbanebru akse 3. Foreløpig fundamentplassering er vist som rektangelet omkring F1. Middelvannstand i området varierer med årstidene. I november var den omkring +181.7.  Borpunkt F1 og F3 er gjennomført fra flåte. Punkt 2-5 og 11 er utført på land. Snitt A-A og B-B viser nærliggende totalsonderinger for vurdering av lagdeling.	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
	 Snitt A-A: 		

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll						
	Snitt B-B: Nærliggende sonderinger og prøver tatt på land indikerer en tydelig overgang mellom grus / grusig sand og ensgradert sand. Lagdelingen under fundamentet tolkes med bakgrunn i sondering F1. Sonderingen er avsluttet uten bergpåvisning. Lagdelingen er oppsummert i tabellen under: <table><tr><th>Lag</th><th>Bunnskote [m]</th></tr><tr><td>Grus / grusig sand</td><td>+174</td></tr><tr><td>Sand</td><td>+135 og dypere</td></tr></table> Lagene tolkes hver for seg i det følgende.	Lag	Bunnskote [m]	Grus / grusig sand	+174	Sand	+135 og dypere		
Lag	Bunnskote [m]								
Grus / grusig sand	+174								
Sand	+135 og dypere								

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
2.2	Grus / grusig sand Gruslaget var for fast/grovt for opptak av prøver, både på land og på vann. Det var heller ikke mulig å trykke en CPT gjennom laget. Figuren under viser grusmasser i elvebunn fra prøvegraving i elv ved pilar 3. Elvebunnen har vært utsatt for erosjon over lang tid, der finstoff trolig har blitt vasket ut. Gjenstående masser i elvebunn antas å ha meget grov og fast karakter.  Med bakgrunn i håndbok V220 Tabell 3.6.2-1 antas massene å ha tilsvarende egenskaper som naturlige ikke komprimerte faste grusmasser, friksjonsvinkel = 38°, a = 5 kPa. Massene er neddykket. Dimensjonerende tyngdetetthet settes lik 20 kN/m³.	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
2.3	Sand Sandlaget tolkes i det etterfølgende med bakgrunn i gjennomførte totalsonderinger, CPT-sonderinger og prøveserier.	☒	☒
2.3.1	Materialparametere CPTu fra F1, 2 og 4 benyttes som grunnlag for å vurdere materialparametere. Figuren under viser snitt B-B, definert i tidligere punkt, med opptegning av CPT i punkt F1 og 4. Stolpene for nærliggende sonderinger, og antatt lagdeling vises som referanser. CPT i F1 ble utført fra vann uten muligheter for å forankre riggen. Maksimalt matetrykk var derfor 1,5 tonn. Dette ble møtt etter ca. 7 meters dybde. Det er forboret gjennom gruslaget i samtlige CPT-sonderinger.	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
2.3.2	Robertson 1986 (Bq-Qt) Figuren under viser tolkning av løsmassestype, basert på Robertson 1986 Bq-Qt-tolkning. Diagrammene er skalert og lagt over kotehøydene vist til venstre i figuren. Tolkningen viser at løsmassene hovedsakelig består av type 8 og 9, som tilsvarer henholdsvis sand til siltig sand og sand.	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																																																																																																																																																																				
2.3.3	Relativ lagringstetthet, DR Det finnes flere metoder for å tolke Relativ lagringstetthet, DR fra CPT i sand. Figurene under viser tolkning fra: - Jamiolkowski et al. 1985 – Kobler forholdet mellom spissmotstand og effektiv vertikalspenning. Antatt middels kompressibel. - Baldi 1986 – To modeller, en for NC og en for OC sand. Modellene er basert på spissmotstand og effektiv overlaging-/middelspenning. Det er antatt en hvilekoeffisient på 0,45, tilsvarende friksjonsvinkel 33 grader, ved $K_0 = 1 - \sin(\phi)$. - Jamiolkowski et al. 2001 – Angir en kobling mellom Dr og forholdet mellom korrigert spissmotstand og effektivt overlagingstrykk. Antatt middels kompressibel. Tolkningen gjennomføres ved nedre grense av modellene, da det antas at lavere DR drar beregningene i konservativ retning. Lagringstettheten med tolkning (rød linje) for CPTu-ene er gjengitt under. F1. +175.6 04. +184.928 02. +184.462 Valgt kurve: Dr7 Dr1 - Jamiolkowski et al. 1985 (Medium compressibility) Dr2 - Baldi et al. 1986 (NC sand) Dr3 - Baldi et al. 1986 (OC sand) Dr5 - Jamiolkowski et al. 2001 <table><tr><th colspan="3">F1</th><th colspan="3">4</th><th colspan="3">2</th><th colspan="2">Tolket DR</th></tr><tr><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th></tr><tr><td>4.0</td><td>171.6</td><td>45</td><td>20.0</td><td>164.9</td><td>20</td><td>16.0</td><td>168.4</td><td>30</td><td>171.6</td><td>45</td></tr><tr><td>5.7</td><td>169.9</td><td>45</td><td>27.0</td><td>157.9</td><td>35</td><td>20.0</td><td>164.4</td><td>40</td><td>169.9</td><td>45</td></tr><tr><td>6.2</td><td>169.4</td><td>55</td><td>38.0</td><td>146.9</td><td>35</td><td>39.0</td><td>145.4</td><td>40</td><td>169.4</td><td>55</td></tr><tr><td>7.0</td><td>168.6</td><td>55</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>168.4</td><td>55</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>168.4</td><td>30</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>157.9</td><td>35</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>145.4</td><td>40</td></tr></table> F1. +175.6 04. +184.928 02. +184.462 Valgt kurve: Dr7 Dr1 - Jamiolkowski et al. 1985 (Medium compressibility) Dr2 - Baldi et al. 1986 (NC sand) Dr3 - Baldi et al. 1986 (OC sand) Dr5 - Jamiolkowski et al. 2001 <table><tr><th colspan="3">F1</th><th colspan="3">4</th><th colspan="3">2</th><th colspan="2">Tolket DR</th></tr><tr><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Dybde (m)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th><th>Kote (m)</th><th>Dr (%)</th></tr><tr><td>4.0</td><td>171.6</td><td>45</td><td>20.0</td><td>164.9</td><td>20</td><td>16.0</td><td>168.4</td><td>30</td><td>171.6</td><td>45</td></tr><tr><td>5.7</td><td>169.9</td><td>45</td><td>27.0</td><td>157.9</td><td>35</td><td>20.0</td><td>164.4</td><td>40</td><td>169.9</td><td>45</td></tr><tr><td>6.2</td><td>169.4</td><td>55</td><td>38.0</td><td>146.9</td><td>35</td><td>39.0</td><td>145.4</td><td>40</td><td>169.4</td><td>55</td></tr><tr><td>7.0</td><td>168.6</td><td>55</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>168.4</td><td>55</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>168.4</td><td>30</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>157.9</td><td>35</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>145.4</td><td>40</td></tr></table>	F1			4			2			Tolket DR		Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Kote (m)	Dr (%)	4.0	171.6	45	20.0	164.9	20	16.0	168.4	30	171.6	45	5.7	169.9	45	27.0	157.9	35	20.0	164.4	40	169.9	45	6.2	169.4	55	38.0	146.9	35	39.0	145.4	40	169.4	55	7.0	168.6	55							168.4	55										168.4	30										157.9	35										145.4	40	F1			4			2			Tolket DR		Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Kote (m)	Dr (%)	4.0	171.6	45	20.0	164.9	20	16.0	168.4	30	171.6	45	5.7	169.9	45	27.0	157.9	35	20.0	164.4	40	169.9	45	6.2	169.4	55	38.0	146.9	35	39.0	145.4	40	169.4	55	7.0	168.6	55							168.4	55										168.4	30										157.9	35										145.4	40
F1			4			2			Tolket DR																																																																																																																																																																																														
Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Kote (m)	Dr (%)																																																																																																																																																																																													
4.0	171.6	45	20.0	164.9	20	16.0	168.4	30	171.6	45																																																																																																																																																																																													
5.7	169.9	45	27.0	157.9	35	20.0	164.4	40	169.9	45																																																																																																																																																																																													
6.2	169.4	55	38.0	146.9	35	39.0	145.4	40	169.4	55																																																																																																																																																																																													
7.0	168.6	55							168.4	55																																																																																																																																																																																													
									168.4	30																																																																																																																																																																																													
									157.9	35																																																																																																																																																																																													
									145.4	40																																																																																																																																																																																													
F1			4			2			Tolket DR																																																																																																																																																																																														
Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Dybde (m)	Kote (m)	Dr (%)	Kote (m)	Dr (%)																																																																																																																																																																																													
4.0	171.6	45	20.0	164.9	20	16.0	168.4	30	171.6	45																																																																																																																																																																																													
5.7	169.9	45	27.0	157.9	35	20.0	164.4	40	169.9	45																																																																																																																																																																																													
6.2	169.4	55	38.0	146.9	35	39.0	145.4	40	169.4	55																																																																																																																																																																																													
7.0	168.6	55							168.4	55																																																																																																																																																																																													
									168.4	30																																																																																																																																																																																													
									157.9	35																																																																																																																																																																																													
									145.4	40																																																																																																																																																																																													

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																																																																												
	Tolket lagringstetthet defineres som medium pakket sand. Det merkes at tolket DR fra CPT i F1 generelt viser en fastere lagret sand enn ved punkt 4 og 2. Sandmassene under F1 har derfor trolig en høyere lagringstetthet enn sanden ved punkt 4 og 2. Sandmassene som ligger dypere enn CPT-resultatene ved F1 tolkes konservativt etter punkt 4 og 2, da det antas at en lavere DR er et konservativt estimat.																																																																																																														
2.3.4	Friksjonsvinkel Figuren under viser kornfordelingsanalyse i punkt 4. Prøvene tatt ved dybde 20,0-20,8m og 21,2-22,0m velges som representative for sandlaget. Kornfordelingen viser at sandlaget består av ensgradert middels til grov sand. Friksjonsvinkelen tolkes etter Schmertmann 1978 og Robertson & Campanella 1983. Schmertmann tolker friksjonsvinkelen basert på DR og kornfordelingsanalyse. Schmertmann er gyldig opp mot 150 kPa overlaging, tilsvarende 15 meters dybde. Robertson & Campanella tolker friksjonsvinkelen basert på ukorrigert spissmotstand (q_c) og effektiv vertikalspenning. Metoden bygger på analyser av sand i store kalibereringskamre, samt drenerte treaksforsøk. Metoden antas å gi for lav friksjonsvinkel for komprimerbar sand. Ved tolkning med Schmertmann antas massene å bestå av <i>Well-graded fine sand – Uniform medium sand</i>. Det kan argumenteres for at massene kommer innenfor kategorien <i>Well-graded medium sand – uniform coarse sand</i>, basert på kornfordelingsanalysen under. Kategorien <i>uniform coarse sand</i> gir høyere friksjonsvinkel enn <i>uniform medium sand</i>, og bruk av kategorien <i>uniform medium sand</i> er derfor i dette tilfellet konservativt. <table><tr><th rowspan="2">Leir</th><th colspan="3">Silt</th><th colspan="3">Sand</th><th colspan="3">Grus</th><th rowspan="2">Stein</th></tr><tr><th>Fin</th><th>Middels</th><th>Grov</th><th>Fin</th><th>Middels</th><th>Grov</th><th>Fin</th><th>Middels</th><th>Grov</th></tr></table><table><tr><th>Symbol</th><th>—</th><th>— —</th><th>- - -</th><th>- - - -</th><th>- . . . -</th></tr><tr><th>Prøve</th><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr><tr><th>Dato utført test</th><td>20.09.2023</td><td>20.09.2023</td><td>20.09.2023</td><td>21.09.2023</td><td>21.09.2023</td></tr><tr><th>Borhull</th><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><th>Dybde</th><td>2-3m</td><td>3-4m</td><td>4-5m</td><td>20,0-20,8m</td><td>21,2-22,0m</td></tr><tr><th rowspan="3">Analysemetode</th><td>Tørssikting</td><td>Tørssikting</td><td>Tørssikting</td><td>Tørssikting</td><td>Tørssikting</td></tr><tr><td>X Våtsikting</td><td>X Våtsikting</td><td>X Våtsikting</td><td>X Våtsikting</td><td>X Våtsikting</td></tr><tr><td>X Sedimentasjon</td><td>X Sedimentasjon</td><td>X Sedimentasjon</td><td>X Sedimentasjon</td><td>X Sedimentasjon</td></tr><tr><th>Beskrivelse</th><td>sandig siltig materiale</td><td>sandig silt</td><td>sandig siltig materiale</td><td>sand</td><td>sand</td></tr><tr><th>d_{10}</th><td>0,015</td><td>0,009</td><td>0,010</td><td>0,226</td><td>0,285</td></tr><tr><th>d_{25}</th><td>0,048</td><td>0,023</td><td>0,032</td><td>0,368</td><td>0,468</td></tr><tr><th>d_{50}</th><td>0,170</td><td>0,055</td><td>0,086</td><td>0,605</td><td>0,655</td></tr><tr><th>d_{60}</th><td>0,358</td><td>0,076</td><td>0,110</td><td>0,715</td><td>0,724</td></tr><tr><th>d_{75}</th><td>1,095</td><td>0,113</td><td>0,315</td><td>0,879</td><td>0,827</td></tr><tr><th>Cu ¹⁾</th><td>23,8</td><td>8,6</td><td>11,5</td><td>3,2</td><td>2,5</td></tr></table>	Leir	Silt			Sand			Grus			Stein	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Symbol	—	— —	- - -	- - - -	- . . . -	Prøve	A	B	C	D	E	Dato utført test	20.09.2023	20.09.2023	20.09.2023	21.09.2023	21.09.2023	Borhull	4	4	4	4	4	Dybde	2-3m	3-4m	4-5m	20,0-20,8m	21,2-22,0m	Analysemetode	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	Beskrivelse	sandig siltig materiale	sandig silt	sandig siltig materiale	sand	sand	d_{10}	0,015	0,009	0,010	0,226	0,285	d_{25}	0,048	0,023	0,032	0,368	0,468	d_{50}	0,170	0,055	0,086	0,605	0,655	d_{60}	0,358	0,076	0,110	0,715	0,724	d_{75}	1,095	0,113	0,315	0,879	0,827	Cu ¹⁾	23,8	8,6	11,5	3,2	2,5	☒	☒
Leir	Silt			Sand			Grus			Stein																																																																																																					
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov																																																																																																						
Symbol	—	— —	- - -	- - - -	- . . . -																																																																																																										
Prøve	A	B	C	D	E																																																																																																										
Dato utført test	20.09.2023	20.09.2023	20.09.2023	21.09.2023	21.09.2023																																																																																																										
Borhull	4	4	4	4	4																																																																																																										
Dybde	2-3m	3-4m	4-5m	20,0-20,8m	21,2-22,0m																																																																																																										
Analysemetode	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting	Tørssikting																																																																																																										
	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting	X Våtsikting																																																																																																										
	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon	X Sedimentasjon																																																																																																										
Beskrivelse	sandig siltig materiale	sandig silt	sandig siltig materiale	sand	sand																																																																																																										
d_{10}	0,015	0,009	0,010	0,226	0,285																																																																																																										
d_{25}	0,048	0,023	0,032	0,368	0,468																																																																																																										
d_{50}	0,170	0,055	0,086	0,605	0,655																																																																																																										
d_{60}	0,358	0,076	0,110	0,715	0,724																																																																																																										
d_{75}	1,095	0,113	0,315	0,879	0,827																																																																																																										
Cu ¹⁾	23,8	8,6	11,5	3,2	2,5																																																																																																										

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
	Figurene under viser tolket friksjonsvinkel. OBS: grafforklaringen sier Schmertmann 1978: Well-graded fine sand. Det er fordi kategorien heter <i>Well-graded fine sand</i> – <i>Uniform medium sand</i>, der kun teksten foran bindestreken er tatt med i grafforklaringen. Som vist i figuren over, korresponderer Schmertmann og Robertson og Campanella godt for punkt 2 og 4. For punkt F1 underestimerer Schmertmann friksjonsvinkelen, sammenlignet med Robertson og Campanella. Ved kategorien <i>Well-graded medium sand</i> – <i>uniform coarse sand</i> samtmentreffer Schmertmann og Robertson og Campanella bedre. Dette kan indikere at sanden under F1 er grovere enn sanden ved punkt 2 og 4. Tolkningen av punkt 2 og 4 inkluderes i vurderingen av friksjonsvinkelen, da disse viser lavere friksjonsvinkel, og dette drar beregningene i konservativ retning. Dimensjonerende parametere for sandlaget tolkes til friksjonsvinkel 35° og attraksjon 5 kPa for hele laget.		

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																							
2.3.5	E_{oed}^{ref} E_{50}^{ref} og E_{ur}^{ref} E_{oed}^{ref} for sandlag tolkes med bakgrunn i gjennomført CPTu gjennom underliggende sandlag. E_{50}^{ref} settes erfaringsmessig lik ødometerstivheten. E_{ur}^{ref} antas lik $3 \cdot E_{50}^{ref}$. Ødometerstivheten tolkes med bakgrunn i sammenheng fra Lunne et al (1997), som vist under: If a Young's modulus is needed we may further use the empirical observation that the reference stiffness in the oedometer, E_{oed}^{ref}, and the reference stiffness in the triaxial cell, E_{50}^{ref} is about the same. <table><tr><th>Oedometer modulus at stress level σ_{v0}'</th><th>For tip resistance in range</th><th>Soil type</th></tr><tr><td>$E_{oed} = 4q_c$</td><td>$q_c < 10$ MPa</td><td rowspan="3">NC unaged and uncemented predominantly Silica sands</td></tr><tr><td>$E_{oed} = 2q_c + 20$ MPa</td><td>$10 < q_c < 50$ MPa</td></tr><tr><td>$E_{oed} = 120$ MPa</td><td>$q_c > 50$ MPa</td></tr><tr><td>$E_{oed} = 5q_c$</td><td>$q_c < 50$ MPa</td><td rowspan="2">OC sands</td></tr><tr><td>$E_{oed} = 250$ MPa</td><td>$q_c > 50$ MPa</td></tr></table> FIGURE 7.7. Tangent oedometer stiffness from CPT tests (Lunne et al (1997)) Ødometerstivheten tilbakeregnes til E_{oed}^{ref} ved 100 kPa. Tilbakeregnet ødometerstivhet er gjengitt mot kotehøyde for F1, 4 og 2 i figurene under: CPT borpunkt F1 CPT borpunkt 4 CPT borpunkt 2 Ødometerstivheten ved OC-sand ligger generelt 25% høyere enn ødometerstivheten ved NC-sand. Ettersom stivhetsverdier i Plaxis gis som konstante verdier i hvert lag, velges det vektet gjennomsnitt over visse dybder. Gjennomsnittet vektet høyest mot verdiene i toppen av laget, ettersom det er her jorden opplever størst spenningsforandring. Tolket ødometerstivhet deles opp i 2 lag, og er gitt i tabellen under: <table><tr><th colspan="2">Tolkning</th></tr><tr><th>Kote (m)</th><th>Eoedref (Mpa)</th></tr><tr><td>174.0–168.0</td><td>30</td></tr><tr><td>168.0–145.0</td><td>20</td></tr></table>	Oedometer modulus at stress level σ_{v0}'	For tip resistance in range	Soil type	$E_{oed} = 4q_c$	$q_c < 10$ MPa	NC unaged and uncemented predominantly Silica sands	$E_{oed} = 2q_c + 20$ MPa	$10 < q_c < 50$ MPa	$E_{oed} = 120$ MPa	$q_c > 50$ MPa	$E_{oed} = 5q_c$	$q_c < 50$ MPa	OC sands	$E_{oed} = 250$ MPa	$q_c > 50$ MPa	Tolkning		Kote (m)	Eoedref (Mpa)	174.0–168.0	30	168.0–145.0	20	☒	☒
Oedometer modulus at stress level σ_{v0}'	For tip resistance in range	Soil type																								
$E_{oed} = 4q_c$	$q_c < 10$ MPa	NC unaged and uncemented predominantly Silica sands																								
$E_{oed} = 2q_c + 20$ MPa	$10 < q_c < 50$ MPa																									
$E_{oed} = 120$ MPa	$q_c > 50$ MPa																									
$E_{oed} = 5q_c$	$q_c < 50$ MPa	OC sands																								
$E_{oed} = 250$ MPa	$q_c > 50$ MPa																									
Tolkning																										
Kote (m)	Eoedref (Mpa)																									
174.0–168.0	30																									
168.0–145.0	20																									

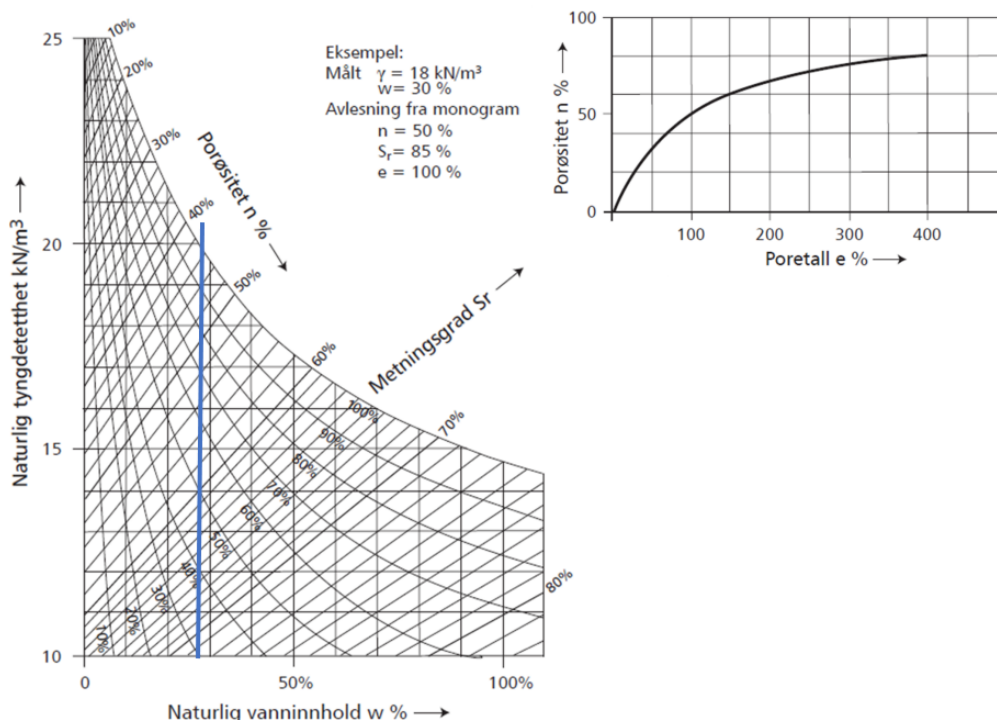
Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
2.3.6	G_0^{ref}, $\gamma_{0,7}$ og e Ettersom det ikke foreligger noen forsøk som gir skjærmodul G eksplisitt, estimeres en realistisk skjærmodul, G_0^{ref} basert på nærliggende grunnundersøkelser, og en nedre skjærmodul, basert på erfaringsverdier. G_0^{ref} estimeres ut fra Hardin & Black (1969), basert på porettall: $G_0^{ref} = 33 \frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} [MPa] \quad \text{for} \quad p^{ref} = 100 [kPa] \quad Eq. [177]$ Prøvene er tatt under grunnvannstand, og dermed neddykket, med $S_r=100\%$ å regne. Utklippet under viser borhullskort fra borhull 4. Opptatt prøve fra dybde 20,4m velges som representativ prøve, med ett vanninnhold på ca. 28%. Med bakgrunn i V220 Figur 3.3.6-1 estimeres porøsiteten lik 44%.	☒	☒

Dybde, m	Jordart	Sign.	Løst nr	Vanninnhold (w) i %				γ' kN/m ³	Skjærfasthet (C_u) i kPa				S_r
				10	20	30	40		20	40	60	80	
5	MATERIALE SANDIG, GRUSIG humusklumper	AA	04	•									
	MATERIALE SANDIG, GRUSIG gruskorn	AA	05 K		•								
	SILT sandig, gruskorn	AA	06 K			•							
	MATERIALE SANDIG, GRUSIG gruskorn	AA	07 K			•							
10													
15													
20	SAND mye gruskorn	AA	08			•		18.7					
	mye små gruskorn	AA	09			•		19.1					
		AA	10 K			•		19.4					
		AA	11			•		18.7					

Pkt Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon

Egen-
kontroll

Sidem.-
kontroll



Nedre grense av forventet G_0^{ref} finnes ved å benytte øvre porøsitet innenfor normalområdet for sand, $n = 50\%$, som vist i V220 Tabell 15.2.1-1.

Resultatene er presentert i tabellen, der G_0^{ref} basert på vanninnhold betegnes $G_0^{\text{ref}}(w)$, og nedre grense betegnes $G_0^{\text{ref}}(n)$:

w	28.00 %
n	44%
e(w)	0.79
n	50%
e(n)	1
$G_0^{\text{ref}}(w)$	88.2 MPa
$G_0^{\text{ref}}(n)$	64.0 MPa

Formelen til Hardin & Black regner i utgangspunktet ut G_0^{ref} ved 10 meters dybde ($p^{\text{ref}} = 100 \text{ kPa}$.) Ved 20 meters dybde i punkt 4, som tolkningen baserer seg på, viser CPT-tolkningen av DR at den relative lagringstettheten er på sitt laveste (ned mot 20%). Det antas derfor at vanninnholdet i disse prøvene er høyere enn omkringliggende masser, og dermed et konservativt anslag av en realistisk skjærmodul. Ved høyere lagringstetthet minker porøsiteten, som gir en økt G_0^{ref} .

$\gamma_{0.7}$ finnes ved foreslått formel i Plaxis manualen for HSsmall:

$$\gamma_{0.7} \approx \frac{1}{9G_0} [2c'(1 + \cos(2\phi')) - \sigma'_1(1 + K_0)\sin(2\phi')] \quad \text{Eq. [178]}$$

where

K_0 = The earth pressure coefficient at rest.
 σ'_1 = The effective vertical stress (pressure negative).

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																								
	Resultatene er vist i tabellen under. Obs: trykk for σ_1' har negativt fortegn. <table><tr><td>$G_0^{ref} (w)$</td><td>88.2</td><td>Mpa</td></tr><tr><td>$G_0^{ref} (n)$</td><td>64.0</td><td>Mpa</td></tr><tr><td>phi</td><td>35</td><td>deg</td></tr><tr><td>c</td><td>0.005</td><td>Mpa</td></tr><tr><td>K0</td><td>0.43</td><td>-</td></tr><tr><td>σ_1'</td><td>-0.1</td><td>MPa</td></tr><tr><td>$\gamma_{0,7} (w)$</td><td>0.000186</td><td>-</td></tr><tr><td>$\gamma_{0,7} (n)$</td><td>0.000256</td><td>-</td></tr></table>	$G_0^{ref} (w)$	88.2	Mpa	$G_0^{ref} (n)$	64.0	Mpa	phi	35	deg	c	0.005	Mpa	K0	0.43	-	σ_1'	-0.1	MPa	$\gamma_{0,7} (w)$	0.000186	-	$\gamma_{0,7} (n)$	0.000256	-		
$G_0^{ref} (w)$	88.2	Mpa																									
$G_0^{ref} (n)$	64.0	Mpa																									
phi	35	deg																									
c	0.005	Mpa																									
K0	0.43	-																									
σ_1'	-0.1	MPa																									
$\gamma_{0,7} (w)$	0.000186	-																									
$\gamma_{0,7} (n)$	0.000256	-																									
2.4	Grunnvannstand Dimensjonerende grunnvannstand vurderes for hvert enkelt dimensjoneringsstilfelle, der den mest konservative antagelsen legges til grunn.	☒	☒																								

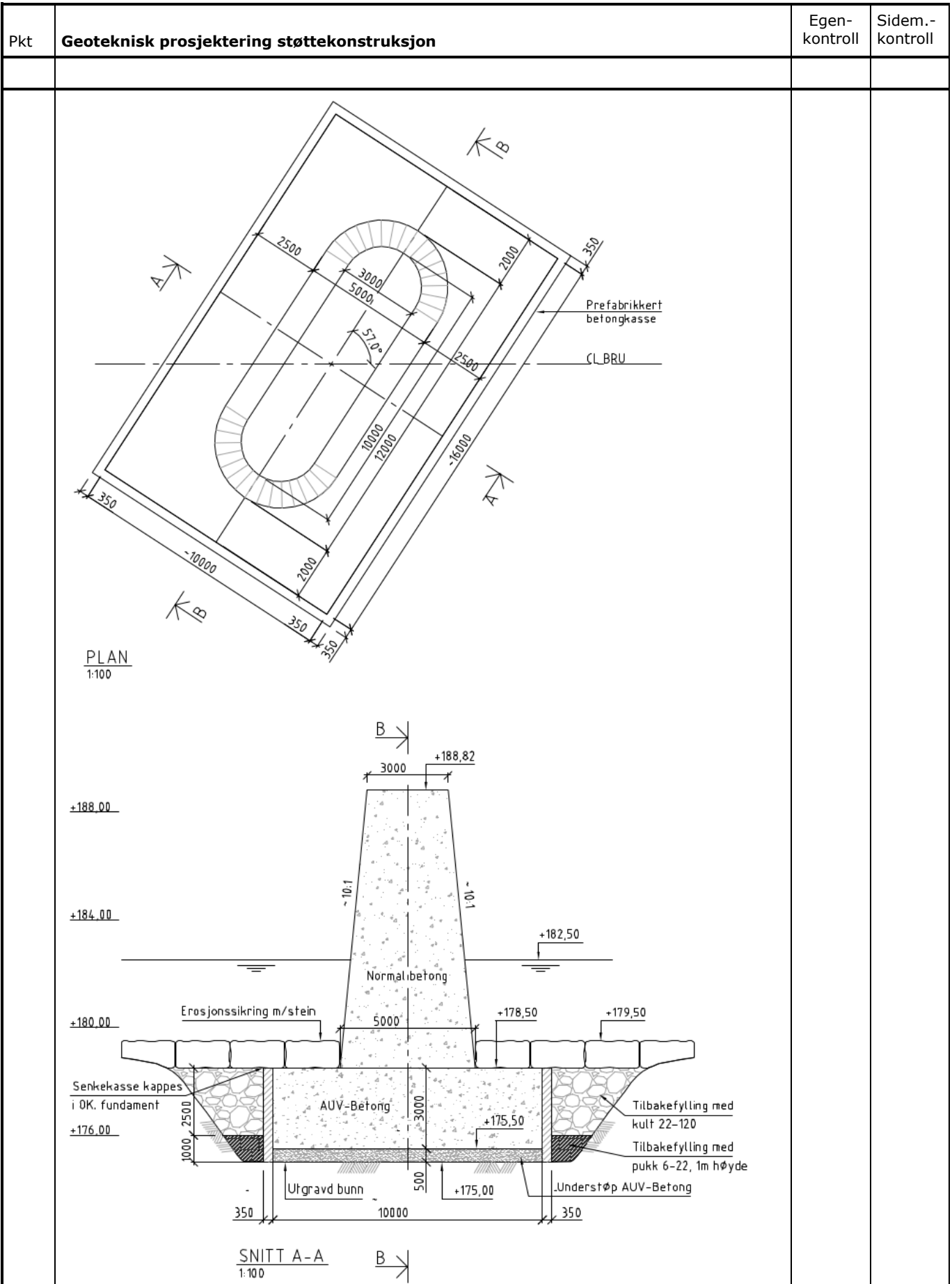
SIGNERT LISTE Plasseres i oppdragsperm

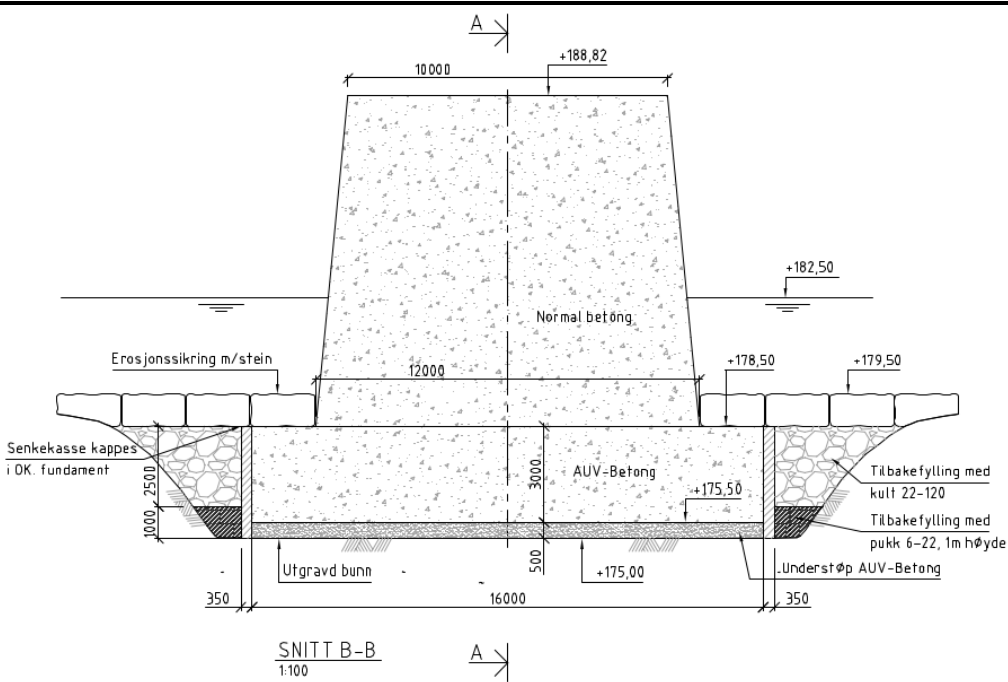
Utført: Dato og Signatur 12.12.2023 Kristoffer Aamodt	Sidemannskontroll: Dato og Signatur. 12.12.2023 Ernst Pytten
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.

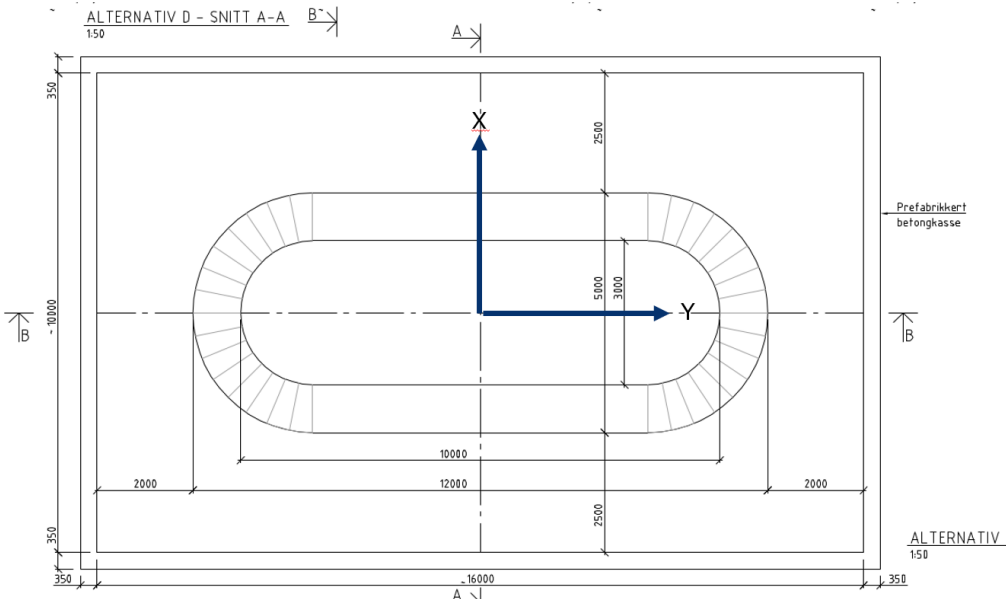
Oppdragsnr.: 1350057292
 Dokument nr: SKG03-Akse3-Bæreevne
 Oppdragsnavn: Randklev bru
 Oppdragsgiver: Bane NOR

Oppdragsleder: Aslak Flore
 Sidemannskontroll: Ernst Pytten
 Saksbehandler: Kristoffer Knoph Aamodt

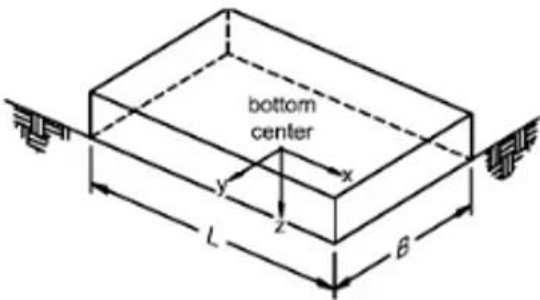
Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																					
1	GENERELT																							
1.1	Randklev bru akse 3 skal refundamenteres ved direktefundamentert løsning av nytt fundament. Dette beregningsheftet omfatter bæreevneberegninger for akse 3 Randklev bru.	☒	☒																					
1.2	Krav til sikkerhet – TRV:01975: Tabell: Partialfaktor γ_M ved stabilitets- og bæreevneberegninger med effektivspenningsmetoden <table><tr><th rowspan="2">Analysetype</th><th rowspan="2">Konsekvensklasse</th><th colspan="3">Bruddmekanisme</th></tr><tr><th>Seigt</th><th>Nøytralt</th><th>Sprøtt</th></tr><tr><td rowspan="3">Effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$-metoden</td><td>CC1 Mindre alvorlig</td><td>1,25</td><td>1,30</td><td>1,40</td></tr><tr><td>CC2 Alvorlig</td><td>1,30</td><td>1,40</td><td>1,50</td></tr><tr><td>CC3 Meget alvorlig</td><td>1,40</td><td>1,50</td><td>1,60</td></tr></table> CC3 Meget alvorlig / Nøytralt brudd $\rightarrow \gamma_M = 1,5$.	Analysetype	Konsekvensklasse	Bruddmekanisme			Seigt	Nøytralt	Sprøtt	Effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -metoden	CC1 Mindre alvorlig	1,25	1,30	1,40	CC2 Alvorlig	1,30	1,40	1,50	CC3 Meget alvorlig	1,40	1,50	1,60	☒	☒
Analysetype	Konsekvensklasse			Bruddmekanisme																				
		Seigt	Nøytralt	Sprøtt																				
Effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -metoden	CC1 Mindre alvorlig	1,25	1,30	1,40																				
	CC2 Alvorlig	1,30	1,40	1,50																				
	CC3 Meget alvorlig	1,40	1,50	1,60																				
2	GRUNNFORHOLD OG GEOMETRI																							
2.1	Tolkning av grunnforhold og materialparametere er gitt i denne rapportens Vedlegg 1. De viktigste parameterne for bæreevneberegningen er gjengitt under: <table><tr><td>Lag</td><td>Bunnkote [m]</td><td>Phi [°]</td><td>a [kPa]</td></tr><tr><td>Grus / grusig sand</td><td>+174</td><td>38</td><td>5</td></tr><tr><td>Sand</td><td>+135 eller dypere</td><td>35</td><td>5</td></tr></table>	Lag	Bunnkote [m]	Phi [°]	a [kPa]	Grus / grusig sand	+174	38	5	Sand	+135 eller dypere	35	5	☒	☒									
Lag	Bunnkote [m]	Phi [°]	a [kPa]																					
Grus / grusig sand	+174	38	5																					
Sand	+135 eller dypere	35	5																					
2.2	Grunnvannstand Fundamentet dimensjoneres for diverse lasttilfeller, der blant annet is- og flomlast avhenger av flomnivåets returperiode. For beskrivelse av grunnlag for lasttilfeller vises det til POM-03-A-00030. Av påvirkning for bæreevnen nevnes det at løsmassene under og omkring fundamentet alltid vil være neddykket under vann.	☒	☒																					
2.3	Fundament Fundamentet har rektangulær utforming, med sidekanter på 10x16meter. Fundamentet blir stående neddykket under vann, med UK på kote +175, se planfigur med snitt under. Elvebunn tilbakeføres til kote +179.5, inkludert overliggende erosjonssikring.	☒	☒																					



Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																								
																											
3	Beregning - Bæreevne Bæreevneberegninger gjennomføres iht. V220 kap. 7, effektivspenningsanalyse. Beregningene gjennomføres ved et representativt løsmasselag, der parameterne fra det dypeste sandlaget legges til grunn som dimensjonerende da dette drar beregningene i konservativ retning, ettersom øvre gruslag har høyere friksjonsvinkel. Bæreevnen beregnes i lengde- og bredderetning av fundamentet. For beregning av ruhet under fundamentsålen benyttes resultanten av horisontalkreftene over effektiv arealflate. De viktigste parameterne er gjengitt i tabellen under. For ytterligere detaljer om beregningene og parametere vises det til beregningsvedlegg sist i foreliggende beregningshefte. Tolkning av grunnundersøkelser for materialparametere er vist i Vedlegg 1 til foreliggende rapport. Ved et eventuelt bæreevnebrudd vil bruddet gå fra UK avrettingsbetong på kote +175. Det antas derfor en overlaging på 4.5 meter tilsvarende 45 kPa i beregningene. <table><tr><th colspan="3">Grunnlag for drenert beregninger</th></tr><tr><td>γ_m</td><td>1.5</td><td>-</td></tr><tr><td>ϕ</td><td>35</td><td>deg</td></tr><tr><td>a</td><td>5</td><td>kPa</td></tr><tr><td>γ</td><td>20</td><td>kN/m³</td></tr><tr><td>γ_w</td><td>10</td><td>kN/m³</td></tr><tr><td>r_{maks}</td><td>0.9</td><td>-</td></tr><tr><td>σ_{maks}</td><td>500</td><td>kPa</td></tr></table>	Grunnlag for drenert beregninger			γ_m	1.5	-	ϕ	35	deg	a	5	kPa	γ	20	kN/m ³	γ_w	10	kN/m ³	r_{maks}	0.9	-	σ_{maks}	500	kPa	☒	☒
Grunnlag for drenert beregninger																											
γ_m	1.5	-																									
ϕ	35	deg																									
a	5	kPa																									
γ	20	kN/m ³																									
γ_w	10	kN/m ³																									
r_{maks}	0.9	-																									
σ_{maks}	500	kPa																									

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																																																																									
3.1	Laster Laster oppgis av RIB sentrisk UK AUV-betong på kote +175. Lasttilfeller og utnyttelse for hvert lasttilfelle er vist i vedlegg sist i beregningsheftet. De 10 lasttilfellene med høyest utnyttelse er listet opp under, og bæreevnen for hvert enkelt tilfelle er vist i detalj sist i dette beregningsheftet. <table><thead><tr><th>LC</th><th>Fx</th><th>Fy</th><th>Fz</th><th>Mx</th><th>My</th><th>Navn</th></tr></thead><tbody><tr><td>2313</td><td>-3637</td><td>4752</td><td>-17691</td><td>-41906</td><td>-39440</td><td>MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-</td></tr><tr><td>2213</td><td>-3637</td><td>4752</td><td>-18928</td><td>-41904</td><td>-39439</td><td>MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2513</td><td>-3637</td><td>4752</td><td>-18928</td><td>-41904</td><td>-39439</td><td>MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO</td></tr><tr><td>2326</td><td>-3647</td><td>4767</td><td>-29819</td><td>-38846</td><td>-41062</td><td>MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2526</td><td>-3646</td><td>4767</td><td>-32765</td><td>-38844</td><td>-41061</td><td>MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b</td></tr><tr><td>2226</td><td>-3646</td><td>4767</td><td>-32765</td><td>-38844</td><td>-41061</td><td>MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2218</td><td>-3408</td><td>4906</td><td>-41879</td><td>-44351</td><td>-36768</td><td>MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR</td></tr><tr><td>2518</td><td>-3408</td><td>4906</td><td>-41879</td><td>-44351</td><td>-36768</td><td>MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2318</td><td>-3408</td><td>4906</td><td>-35941</td><td>-44355</td><td>-36770</td><td>MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+</td></tr><tr><td>2113</td><td>-3066</td><td>3202</td><td>-18928</td><td>-28571</td><td>-34527</td><td>MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR</td></tr></tbody></table> For ytterligere beskrivelse av lasttilfeller og beregningen av disse vises det til <i>POM-03-A-00030 Statiske beregninger og dimensjonering av fundament i akse 3.</i> 	LC	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Navn	2313	-3637	4752	-17691	-41906	-39440	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	2213	-3637	4752	-18928	-41904	-39439	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR								2513	-3637	4752	-18928	-41904	-39439	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO	2326	-3647	4767	-29819	-38846	-41062	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10								2526	-3646	4767	-32765	-38844	-41061	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b	2226	-3646	4767	-32765	-38844	-41061	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR								2218	-3408	4906	-41879	-44351	-36768	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR	2518	-3408	4906	-41879	-44351	-36768	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_								2318	-3408	4906	-35941	-44355	-36770	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	2113	-3066	3202	-18928	-28571	-34527	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	☒	☒
LC	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Navn																																																																																																						
2313	-3637	4752	-17691	-41906	-39440	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-																																																																																																						
2213	-3637	4752	-18928	-41904	-39439	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR																																																																																																						
2513	-3637	4752	-18928	-41904	-39439	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO																																																																																																						
2326	-3647	4767	-29819	-38846	-41062	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10																																																																																																						
2526	-3646	4767	-32765	-38844	-41061	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b																																																																																																						
2226	-3646	4767	-32765	-38844	-41061	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR																																																																																																						
2218	-3408	4906	-41879	-44351	-36768	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR																																																																																																						
2518	-3408	4906	-41879	-44351	-36768	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_																																																																																																						
2318	-3408	4906	-35941	-44355	-36770	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+																																																																																																						
2113	-3066	3202	-18928	-28571	-34527	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR																																																																																																						

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																																																				
3.2	Resultater Resultat av bæreevneberegningene for de 10 lasttilfellene med høyest utnyttelse er gjengitt i tabellen under. Oversikten over samtlige lasttilfeller, vedlagt i dette beregningsheftet, viser også utnyttelse av bæreevnen. Utnyttelsen vist i tabellen under og i lastoversikten kan avvike for enkelte tilfeller, ettersom det ikke er lagt inn noen øvre bæreevne ved beregning av utnyttelse for samtlige lasttilfeller, slik som i tabellen under (maks 500 kPa). Ingen av lasttilfellene har et grunntrykk over 500 kPa. Eksentrisitetskontrollen skal iht. N400 7.2.3 gjennomføres for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende, men gjennomføres her for ULS-laster. Det antas at dersom eksentrisitetskontrollen er OK i ULS, vil den også være OK for SLS-laster. Beregningene viser tilstrekkelig kapasitet i samtlige lasttilfeller, med maksimal utnyttelse ved lasttilfellet <i>Max-Sig beam ULS_eq.6.10 Y+Z-</i>. <table><tr><td> φ = 35° Overlagring = 45 kPa </td><td> MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z- </td><td> MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y+ </td><td> MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y </td><td> MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 </td><td> MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM 10 GEO_b </td></tr><tr><td> Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3 </td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td></tr><tr><td> Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv </td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td></tr><tr><td></td><td>296.9</td><td>292.4</td><td>292.4</td><td>314.1</td><td>327.2</td></tr><tr><td> Beregnet bæreevne x-retning, ovx </td><td>296.0</td><td>330.1</td><td>330.1</td><td>500.0</td><td>500.0</td></tr><tr><td> Beregnet bæreevne y-retning, ovy </td><td>357.2</td><td>403.8</td><td>403.8</td><td>500.0</td><td>500.0</td></tr><tr><td> Maksimal utnyttelse drenert beregning </td><td>100 %</td><td>89 %</td><td>89 %</td><td>63 %</td><td>65 %</td></tr></table> <table><tr><td> φ = 35° Overlagring = 45 kPa </td><td> MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR </td><td> MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y- </td><td> MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y </td><td> MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+ </td><td> MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM 10 GEO_a Y </td></tr><tr><td> Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3 </td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td></tr><tr><td> Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv </td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td><td>OK</td></tr><tr><td></td><td>327.2</td><td>371.3</td><td>371.3</td><td>339.8</td><td>235.7</td></tr><tr><td> Beregnet bæreevne x-retning, ovx </td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>464.6</td></tr><tr><td> Beregnet bæreevne y-retning, ovy </td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>500.0</td><td>500.0</td></tr><tr><td> Maksimal utnyttelse drenert beregning </td><td>65 %</td><td>74 %</td><td>74 %</td><td>68 %</td><td>51 %</td></tr></table>	φ = 35° Overlagring = 45 kPa	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y+	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM 10 GEO_b	Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK	Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	OK	OK	OK	OK	OK		296.9	292.4	292.4	314.1	327.2	Beregnet bæreevne x-retning, ovx	296.0	330.1	330.1	500.0	500.0	Beregnet bæreevne y-retning, ovy	357.2	403.8	403.8	500.0	500.0	Maksimal utnyttelse drenert beregning	100 %	89 %	89 %	63 %	65 %	φ = 35° Overlagring = 45 kPa	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y-	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM 10 GEO_a Y	Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK	Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	OK	OK	OK	OK	OK		327.2	371.3	371.3	339.8	235.7	Beregnet bæreevne x-retning, ovx	500.0	500.0	500.0	500.0	464.6	Beregnet bæreevne y-retning, ovy	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	Maksimal utnyttelse drenert beregning	65 %	74 %	74 %	68 %	51 %		
φ = 35° Overlagring = 45 kPa	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y+	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM 10 GEO_b																																																																																		
Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK																																																																																		
Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	OK	OK	OK	OK	OK																																																																																		
	296.9	292.4	292.4	314.1	327.2																																																																																		
Beregnet bæreevne x-retning, ovx	296.0	330.1	330.1	500.0	500.0																																																																																		
Beregnet bæreevne y-retning, ovy	357.2	403.8	403.8	500.0	500.0																																																																																		
Maksimal utnyttelse drenert beregning	100 %	89 %	89 %	63 %	65 %																																																																																		
φ = 35° Overlagring = 45 kPa	MIN-VZ BEAM MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y-	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y	MIN-SIG BEAM MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	MAX-SIG BEAM MAX-SIG BEAM 10 GEO_a Y																																																																																		
Eksentrisitetskontroll N400:2023 7.2.3	OK	OK	OK	OK	OK																																																																																		
Ruhet Beregnet grunntrykk UK fundament, qv	OK	OK	OK	OK	OK																																																																																		
	327.2	371.3	371.3	339.8	235.7																																																																																		
Beregnet bæreevne x-retning, ovx	500.0	500.0	500.0	500.0	464.6																																																																																		
Beregnet bæreevne y-retning, ovy	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0																																																																																		
Maksimal utnyttelse drenert beregning	65 %	74 %	74 %	68 %	51 %																																																																																		

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																														
4	Stivhetsmatrise Stivhetsmatrise for direktefundamentert fundament beregnes som anbefalt i SVV rapport 604 etter FEMA 356 metode 1. SLS Frequent-laster benyttes for beregning av stivhetsmatriser (Lasttilfelle 1311 – 1332 i vedlagt lastoversikt). Det finnes en øvre/nedre grense basert på maks/min SLS-frequent tilfelle. Stivhetsmatriser og orientering av koordinatsystem er gjengitt under.  Orient axes such that $L \geq B$ Input parametere i beregningen følger materialtolkningen i Vedlegg 1. Nøkkelininput er gjengitt under: <table border="1"> <tbody> <tr> <td>K2</td> <td>43</td> <td></td> </tr> <tr> <td>sigma_m (Lower/upper)</td> <td>94/131</td> <td>kPa</td> </tr> <tr> <td>v</td> <td>0.30</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Andel av G maks</td> <td>0.8</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Friksjonsvinkel</td> <td>35</td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>Neddykket romvekt'</td> <td>10</td> <td>kN/m3</td> </tr> </tbody> </table> Beregnet stivhetsmatriser er oppgitt i tabellen under. Bruen er fritt opplagt, og vil av den grunn ikke oppleve tvangskrefter. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>Lower bound</th> <th>Upper bound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kx</td> <td>kN/m</td> <td>4.67E+06</td> <td>5.50E+06</td> </tr> <tr> <td>Ky</td> <td>kN/m</td> <td>4.86E+06</td> <td>5.73E+06</td> </tr> <tr> <td>Kz</td> <td>kN/m</td> <td>4.13E+06</td> <td>4.87E+06</td> </tr> <tr> <td>Kxx</td> <td>kNm/rad</td> <td>1.85E+08</td> <td>2.18E+08</td> </tr> <tr> <td>Kyy</td> <td>kNm/rad</td> <td>3.31E+08</td> <td>3.91E+08</td> </tr> <tr> <td>Kzz</td> <td>kNm/rad</td> <td>1.26E+09</td> <td>1.48E+09</td> </tr> </tbody> </table>	K2	43		sigma_m (Lower/upper)	94/131	kPa	v	0.30	-	Andel av G maks	0.8	-	Friksjonsvinkel	35	deg	Neddykket romvekt'	10	kN/m3			Lower bound	Upper bound	Kx	kN/m	4.67E+06	5.50E+06	Ky	kN/m	4.86E+06	5.73E+06	Kz	kN/m	4.13E+06	4.87E+06	Kxx	kNm/rad	1.85E+08	2.18E+08	Kyy	kNm/rad	3.31E+08	3.91E+08	Kzz	kNm/rad	1.26E+09	1.48E+09	☒	☒
K2	43																																																
sigma_m (Lower/upper)	94/131	kPa																																															
v	0.30	-																																															
Andel av G maks	0.8	-																																															
Friksjonsvinkel	35	deg																																															
Neddykket romvekt'	10	kN/m3																																															
		Lower bound	Upper bound																																														
Kx	kN/m	4.67E+06	5.50E+06																																														
Ky	kN/m	4.86E+06	5.73E+06																																														
Kz	kN/m	4.13E+06	4.87E+06																																														
Kxx	kNm/rad	1.85E+08	2.18E+08																																														
Kyy	kNm/rad	3.31E+08	3.91E+08																																														
Kzz	kNm/rad	1.26E+09	1.48E+09																																														

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
5	Vedlegg Oversikt over lasttilfeller og tilhørende beregnet utnyttelse er vist i etterfølgende vedlegg. Detaljerte bæreevneberegninger for de 10 av lasttilfellene med høyest utnyttelse er vist i detalj etterfølgende beregningsvedlegg.	☒	☒

SIGNERT LISTE Plasseres i oppdragsperm

Utført: Dato og Signatur 12.12.2023 Kristoffer Aamodt	Sidemannskontroll: Dato og Signatur. 12.12.2023, Ernst Pytten
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.

--

Vedlegg: Oversendte lasttilfeller fra RIB og geoteknisk utnyttelse av bæreevne

MERK: Bæreevnen er beregnet uten øvre grense på 500 kPa. Ingen av tilfellene har grunntrykk over 500 kPa.

		LC	LC-title	N [kN]	Fy [kN]	Fx [kN]	My [kNm]	Mx [kNm]	Utnyttelse Bæreevne
SLS Rare		1111	MAXR-SIG BEAM SLS_rare Y+Z+	-20742	3446	764	14387	-34964	29 %
		1112	MINR-SIG BEAM SLS_rare Y+Z+	-34533	-1032	-1659	-23036	15673	30 %
		1113	MAXR-SIG BEAM SLS_rare Y+Z-	-20742	2985	-2647	-29315	-25525	37 %
		1114	MINR-SIG BEAM SLS_rare Y+Z-	-35120	636	1674	22522	-6598	29 %
		1115	MAXR-SIG BEAM SLS_rare Y-Z-	-20742	-1039	-1655	-22080	14138	23 %
		1116	MINR-SIG BEAM SLS_rare Y-Z-	-34614	3441	767	15237	-36429	34 %
		1117	MAXR-SIG BEAM SLS_rare Y-Z+	-20742	630	1677	22377	-6548	22 %
		1118	MINR-SIG BEAM SLS_rare Y-Z+	-34025	2987	-2648	-29485	-25609	38 %
		1121	MAXR-N BEAM SLS_rare	-20684	136	235	3030	-2076	13 %
		1122	MINR-N BEAM SLS_rare	-35121	-82	-190	-2476	1161	22 %
		1123	MAXR-VY BEAM SLS_rare	-32274	4520	-305	743	-43531	32 %
		1124	MINR-VY BEAM SLS_rare	-30528	-1295	-1246	-16330	17695	26 %
		1125	MAXR-VZ BEAM SLS_rare	-30528	611	1690	22915	-7792	27 %
		1126	MINR-VZ BEAM SLS_rare	-32274	2995	-2653	-30653	-23141	38 %
		1127	MAXR-MT BEAM SLS_rare	-29738	-64	-201	-2791	1401	19 %
		1128	MINR-MT BEAM SLS_rare	-33780	132	238	2930	-2253	21 %
		1129	MAXR-MY BEAM SLS_rare	-33496	614	1688	24129	-9359	29 %
		1130	MINR-MY BEAM SLS_rare	-33147	1788	-2575	-31787	-11396	35 %
		1131	MAXR-MZ BEAM SLS_rare	-33495	-1269	-1263	-18542	21324	29 %
		1132	MINR-MZ BEAM SLS_rare	-32377	4501	-292	3449	-47765	34 %
SLS Non-Frequent		1211	MAXN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y+Z	-22511	3568	283	8571	-34897	27 %
		1212	MINN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y+Z	-33567	-859	-1370	-18983	13061	28 %
		1213	MAXN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y+Z	-22511	2212	-2337	-26409	-17876	30 %
		1214	MINN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y+Z	-34036	435	1387	18635	-3812	27 %
		1215	MAXN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y-Z	-22441	-864	-1367	-18219	11832	22 %
		1216	MINN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y-Z	-33562	3564	285	9252	-36069	32 %
		1217	MAXN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y-Z	-22441	430	1390	18519	-3772	20 %
		1218	MINN-SIG BEAM SLS_nonfreq Y-Z	-33967	2214	-2338	-26579	-17961	34 %
		1221	MAXN-N BEAM SLS_nonfreq	-22441	106	190	2450	-1608	14 %
		1222	MINN-N BEAM SLS_nonfreq	-34037	-90	-200	-2609	1297	21 %
		1223	MAXN-VY BEAM SLS_nonfreq	-32332	3746	6	3663	-36048	30 %
		1224	MINN-VY BEAM SLS_nonfreq	-30363	-1111	-948	-12436	15489	24 %
		1225	MAXN-VZ BEAM SLS_nonfreq	-30363	414	1401	18960	-4900	25 %
		1226	MINN-VZ BEAM SLS_nonfreq	-32332	2221	-2343	-27733	-15659	34 %
		1227	MAXN-MT BEAM SLS_nonfreq	-29727	-91	-200	-2771	1868	19 %
		1228	MINN-MT BEAM SLS_nonfreq	-33734	102	193	2350	-1785	21 %
		1229	MAXN-MY BEAM SLS_nonfreq	-32737	416	1399	19931	-6154	26 %
		1230	MINN-MY BEAM SLS_nonfreq	-32434	2221	-2343	-27776	-15637	34 %
		1231	MAXN-MZ BEAM SLS_nonfreq	-32736	-1089	-962	-14217	18526	26 %
		1232	MINN-MZ BEAM SLS_nonfreq	-32435	3728	17	6355	-40116	31 %
		1311	MAXF-SIG BEAM SLS_frequent Y+Z	-24337	728	1197	16037	-9670	21 %
		1312	MINF-SIG BEAM SLS_frequent Y+Z	-33381	-725	-1199	-16779	10937	26 %
		1313	MAXF-SIG BEAM SLS_frequent Y+Z	-24337	1753	-1259	-13254	-13682	22 %
		1314	MINF-SIG BEAM SLS_frequent Y+Z	-33851	732	1194	16152	-9712	26 %
		1315	MAXF-SIG BEAM SLS_frequent Y-Z	-24337	-730	-1195	-16014	9711	21 %
		1316	MINF-SIG BEAM SLS_frequent Y-Z	-33446	724	1199	16717	-10843	26 %
		1317	MAXF-SIG BEAM SLS_frequent Y-Z	-24337	728	1197	16037	-9670	21 %

	SLS Frequent	1318 MINF-SIG BEAM SLS_frequent Y-Z	-32049	1750	-1258	-13392	-13804	26 %
		1321 MAXF-N BEAM SLS_frequent	-24337	-15	10	129	268	15 %
		1322 MINF-N BEAM SLS_frequent	-33851	2	-1	-40	-54	20 %
		1323 MAXF-VY BEAM SLS_frequent	-31534	2394	-281	-278	-21770	24 %
		1324 MINF-VY BEAM SLS_frequent	-30177	-809	-1144	-14962	10122	24 %
		1325 MAXF-VZ BEAM SLS_frequent	-30177	716	1204	16434	-10267	24 %
		1326 MINF-VZ BEAM SLS_frequent	-31534	1757	-1262	-13397	-13250	26 %
		1327 MAXF-MT BEAM SLS_frequent	-29746	29	-19	-369	-193	18 %
		1328 MINF-MT BEAM SLS_frequent	-32018	-17	11	66	156	19 %
		1329 MAXF-MY BEAM SLS_frequent	-32551	719	1203	17405	-11521	26 %
		1330 MINF-MY BEAM SLS_frequent	-32550	-724	-1199	-17354	11617	26 %
		1331 MAXF-MZ BEAM SLS_frequent	-32550	-792	-1155	-16699	12626	26 %
		1332 MINF-MZ BEAM SLS_frequent	-30898	2386	-275	491	-23110	24 %
	SLS Quasi	1411 MAXP-SIG BEAM SLS_permanent	-29468	2188	103	4403	-21180	24 %
		1412 MINP-SIG BEAM SLS_permanent \	-31914	-465	-742	-10385	7050	23 %
		1413 MAXP-SIG BEAM SLS_permanent	-29468	1277	-1392	-15629	-9067	25 %
		1414 MINP-SIG BEAM SLS_permanent \	-32207	446	754	10197	-5856	23 %
		1415 MAXP-SIG BEAM SLS_permanent	-29468	-468	-739	-9907	6283	21 %
		1416 MINP-SIG BEAM SLS_permanent \	-31954	2186	104	4828	-21913	25 %
		1417 MAXP-SIG BEAM SLS_permanent	-29468	443	756	10125	-5830	21 %
		1418 MINP-SIG BEAM SLS_permanent \	-32207	1278	-1393	-15735	-9120	26 %
		1421 MAXP-N BEAM SLS_permanent	-29468	-12	8	109	227	18 %
		1422 MINP-N BEAM SLS_permanent	-32207	25	-16	-227	-464	19 %
		1423 MAXP-VY BEAM SLS_permanent	-31331	2234	73	3183	-20632	24 %
		1424 MINP-VY BEAM SLS_permanent	-29911	-517	-707	-9249	6541	21 %
		1425 MAXP-VZ BEAM SLS_permanent	-29911	436	760	10373	-6203	22 %
		1426 MINP-VZ BEAM SLS_permanent	-31331	1280	-1394	-16439	-7889	26 %
		1427 MAXP-MT BEAM SLS_permanent	-29746	24	-16	-328	-105	18 %
		1428 MINP-MT BEAM SLS_permanent	-32018	-15	10	46	115	19 %
		1429 MAXP-MY BEAM SLS_permanent	-31395	438	759	10980	-6986	23 %
		1430 MINP-MY BEAM SLS_permanent	-31395	1280	-1394	-16466	-7875	26 %
		1431 MAXP-MZ BEAM SLS_permanent	-31395	-506	-714	-10335	8105	23 %
		1432 MINP-MZ BEAM SLS_permanent	-31395	2224	79	4849	-22966	25 %
	SLS Nominal factors	1911 MAXR-SIG BEAM Nominal_nofac \	-20684	1108	1691	22532	-15312	24 %
		1912 MINR-SIG BEAM Nominal_nofac Y	-34591	-1079	-1710	-23683	16425	31 %
		1913 MAXR-SIG BEAM Nominal_nofac \	-20684	-510	-1755	-23390	4194	22 %
		1914 MINR-SIG BEAM Nominal_nofac Y	-35178	538	1737	23339	-4666	29 %
		1915 MAXR-SIG BEAM Nominal_nofac \	-20684	-1086	-1705	-22728	14889	24 %
		1916 MINR-SIG BEAM Nominal_nofac Y	-34672	1104	1694	23383	-16776	31 %
		1917 MAXR-SIG BEAM Nominal_nofac \	-20684	532	1741	23194	-4617	22 %
		1918 MINR-SIG BEAM Nominal_nofac Y	-35178	-508	-1757	-23602	4089	29 %
		1921 MAXR-N BEAM Nominal_nofac	-20684	127	241	3108	-1911	13 %
		1922 MINR-N BEAM Nominal_nofac	-35179	-101	-258	-3367	1397	22 %
		1923 MAXR-VY BEAM Nominal_nofac	-32961	1410	1171	14180	-18272	27 %
		1924 MINR-VY BEAM Nominal_nofac	-30586	-1394	-1181	-15500	19460	26 %
		1925 MAXR-VZ BEAM Nominal_nofac	-30586	512	1754	23746	-6026	27 %
		1926 MINR-VZ BEAM Nominal_nofac	-32961	-497	-1764	-25066	7215	29 %
		1927 MAXR-MT BEAM Nominal_nofac	-29791	-101	-258	-3570	2112	19 %
		1928 MINR-MT BEAM Nominal_nofac	-34800	122	244	2983	-2133	22 %
		1929 MAXR-MY BEAM Nominal_nofac	-33554	515	1752	24960	-7594	29 %

		1930 MINR-MY BEAM Nominal_nofac	-33089	-497	-1764	-25119	7243	29 %
		1931 MAXR-MZ BEAM Nominal_nofac	-33553	-1367	-1199	-17725	23256	29 %
		1932 MINR-MZ BEAM Nominal_nofac	-33090	1385	1187	17565	-23606	29 %
ULS 6.10a		2111 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-18928	4919	273	10290	-47993	39 %
		2112 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-44756	-1067	-1698	-23475	16239	36 %
		2113 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-18928	3415	-3144	-35201	-30401	51 %
		2114 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-46255	273	1497	20196	-471	34 %
		2115 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-18928	-1073	-1695	-22562	14757	23 %
		2116 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-44833	4914	276	11111	-49391	43 %
		2117 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-18928	431	1723	22930	-2836	21 %
		2118 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10a STR	-46255	3568	-2915	-32528	-32844	47 %
		2121 MAX-N BEAM ULS_eq.6.10a STR	-18928	164	282	3634	-2496	13 %
		2122 MIN-N BEAM ULS_eq.6.10a STR	-46264	-147	-293	-3744	2630	29 %
		2123 MAX-VY BEAM ULS_eq.6.10a STR	-32765	5259	-336	853	-51807	36 %
		2124 MIN-VY BEAM ULS_eq.6.10a STR	-40911	-1420	-1081	-14199	20126	32 %
		2125 MAX-VZ BEAM ULS_eq.6.10a STR	-40911	409	1737	23477	-4341	32 %
		2126 MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10a STR	-32765	3429	-3154	-36823	-27341	44 %
		2127 MAX-MT BEAM ULS_eq.6.10a STR	-29856	-144	-295	-4088	2950	19 %
		2128 MIN-MT BEAM ULS_eq.6.10a STR	-46181	157	287	3488	-2755	29 %
		2129 MAX-MY BEAM ULS_eq.6.10a STR	-43760	413	1735	24642	-5845	34 %
		2130 MIN-MY BEAM ULS_eq.6.10a STR	-32888	3429	-3154	-36874	-27313	44 %
		2131 MAX-MZ BEAM ULS_eq.6.10a STR	-43759	-1392	-1099	-16349	23930	34 %
		2132 MIN-MZ BEAM ULS_eq.6.10a STR	-32889	5234	-320	4116	-57088	38 %
		2211 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STF	-18928	5138	632	15098	-50900	46 %
		2212 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR	-41554	-1284	-2058	-28514	19511	37 %
		2213 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STF	-18928	5056	-3749	-40402	-44518	89 %
		2214 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR	-43427	452	1799	24318	-2792	34 %
		2215 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STF	-18928	-1292	-2053	-27369	17664	28 %
		2216 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR	-41651	5132	636	16121	-52653	44 %
		2217 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STF	-18835	289	1815	24112	-10	21 %
		2218 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR	-41879	5210	-3520	-37731	-46965	55 %
ULS 6.10b		2221 MAX-N BEAM ULS_eq.6.10b STR	-18835	224	372	4794	-3434	13 %
		2222 MIN-N BEAM ULS_eq.6.10b STR	-43439	-147	-293	-3741	2731	27 %
		2223 MAX-VY BEAM ULS_eq.6.10b STR	-32765	6901	-941	-4348	-65925	47 %
		2224 MIN-VY BEAM ULS_eq.6.10b STR	-36748	-1663	-1424	-18693	23154	32 %
		2225 MAX-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	-36748	625	2098	28402	-7430	33 %
		2226 MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	-32765	5071	-3758	-42024	-41458	57 %
		2227 MAX-MT BEAM ULS_eq.6.10b STF	-29763	-204	-385	-5249	3887	20 %
		2228 MIN-MT BEAM ULS_eq.6.10b STR	-41897	217	377	4647	-3695	27 %
		2229 MAX-MY BEAM ULS_eq.6.10b STF	-40309	629	2096	29858	-9311	35 %
		2230 MIN-MY BEAM ULS_eq.6.10b STR	-33813	3212	-3514	-42084	-23834	46 %
		2231 MAX-MZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	-40307	-1629	-1446	-21364	27708	35 %
		2232 MIN-MZ BEAM ULS_eq.6.10b STR	-32889	6876	-924	-1085	-71206	46 %
		2311 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z+	-17691	5138	632	15097	-50902	48 %
		2312 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z+	-35616	-1284	-2059	-28516	19507	34 %
		2313 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	-17691	5056	-3749	-40403	-44520	100 %
		2314 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-	-37489	452	1799	24315	-2796	31 %
		2315 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z-	-17691	-1292	-2053	-27371	17662	28 %
		2316 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z-	-35713	5132	636	16119	-52657	42 %
		2317 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	-17598	289	1815	24111	-13	21 %

	ULS 6.10	2318 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+	-35941	5210	-3520	-37734	-46969	55 %
	ULS 6.10a (GEO)	2321 MAX-N BEAM ULS_eq.6.10	-17598	224	372	4793	-3436	12 %
		2322 MIN-N BEAM ULS_eq.6.10	-37501	-147	-293	-3743	2727	24 %
		2323 MAX-VY BEAM ULS_eq.6.10	-29819	6901	-941	-4349	-65927	47 %
		2324 MIN-VY BEAM ULS_eq.6.10	-30810	-1662	-1424	-18695	23149	29 %
		2325 MAX-VZ BEAM ULS_eq.6.10	-30810	625	2098	28399	-7434	30 %
		2326 MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10	-29819	5071	-3759	-42025	-41460	58 %
		2327 MAX-MT BEAM ULS_eq.6.10	-26816	-204	-385	-5250	3885	18 %
		2328 MIN-MT BEAM ULS_eq.6.10	-35959	218	376	4645	-3699	23 %
		2329 MAX-MY BEAM ULS_eq.6.10	-34371	629	2095	29855	-9315	32 %
		2330 MIN-MY BEAM ULS_eq.6.10	-30866	3212	-3514	-42085	-23836	46 %
		2331 MAX-MZ BEAM ULS_eq.6.10	-34370	-1629	-1446	-21366	27704	32 %
		2332 MIN-MZ BEAM ULS_eq.6.10	-29943	6876	-924	-1086	-71208	47 %
		2411 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	4919	273	10290	-47993	39 %
		2412 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-44756	-1067	-1698	-23475	16239	36 %
		2413 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	3415	-3144	-35201	-30401	51 %
		2414 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-46255	273	1497	20196	-471	34 %
		2415 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	-1073	-1695	-22562	14757	23 %
		2416 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-44833	4914	276	11111	-49391	43 %
		2417 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	431	1723	22930	-2836	21 %
		2418 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-46255	3568	-2915	-32528	-32844	47 %
		2421 MAX-N BEAM ULS_eq.6.10 GEO_ε	-18928	164	282	3634	-2496	13 %
		2422 MIN-N BEAM ULS_eq.6.10 GEO_a	-46264	-147	-293	-3744	2630	29 %
		2423 MAX-VY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32765	5259	-336	853	-51807	36 %
		2424 MIN-VY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-40911	-1420	-1081	-14199	20126	32 %
		2425 MAX-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-40911	409	1737	23477	-4341	32 %
		2426 MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32765	3429	-3154	-36823	-27341	44 %
		2427 MAX-MT BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-29856	-144	-295	-4088	2950	19 %
		2428 MIN-MT BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-46181	157	287	3488	-2755	29 %
		2429 MAX-MY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-43760	413	1735	24642	-5845	34 %
		2430 MIN-MY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32888	3429	-3154	-36874	-27313	44 %
		2431 MAX-MZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-43759	-1392	-1099	-16349	23930	34 %
		2432 MIN-MZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32889	5234	-320	4116	-57088	38 %
	ULS 6.10b (GEO)	2511 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	5138	632	15098	-50900	46 %
		2512 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-41554	-1284	-2058	-28514	19511	37 %
		2513 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	5056	-3749	-40402	-44518	89 %
		2514 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-43427	452	1799	24318	-2792	34 %
		2515 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18928	-1292	-2053	-27369	17664	28 %
		2516 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-41651	5132	636	16121	-52653	44 %
		2517 MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-18835	289	1815	24112	-10	21 %
		2518 MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-41879	5210	-3520	-37731	-46965	55 %
		2521 MAX-N BEAM ULS_eq.6.10 GEO_t	-18835	224	372	4794	-3434	13 %
		2522 MIN-N BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b	-43439	-147	-293	-3741	2731	27 %
		2523 MAX-VY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32765	6901	-941	-4348	-65925	47 %
		2524 MIN-VY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-36748	-1663	-1424	-18693	23154	32 %
		2525 MAX-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-36748	625	2098	28402	-7430	33 %
		2526 MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32765	5071	-3758	-42024	-41458	57 %
		2527 MAX-MT BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-29763	-204	-385	-5249	3887	20 %
		2528 MIN-MT BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-41897	217	377	4647	-3695	27 %
		2529 MAX-MY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-40309	629	2096	29858	-9311	35 %

ALS	2530 MIN-MY BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-33813	3212	-3514	-42084	-23834	46 %
	2531 MAX-MZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-40307	-1629	-1446	-21364	27708	35 %
	2532 MIN-MZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_	-32889	6876	-924	-1085	-71206	46 %
	2611 MAXA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-17970	1760	-603	-4984	-15534	16 %
	2612 MINA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33074	-4	-57	-1010	5656	20 %
	2613 MAXA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-17970	1705	-687	-6244	-14716	17 %
	2614 MINA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33086	52	26	525	4623	20 %
	2615 MAXA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-17970	-40	-34	-522	634	11 %
	2616 MINA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33074	1722	-578	-4505	-20620	25 %
	2617 MAXA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-17970	15	50	738	-184	11 %
	2618 MINA-SIG BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33079	1673	-666	-6149	-19678	25 %
	2621 MAXA-N BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-17970	-12	8	108	225	11 %
	2622 MINA-N BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33092	51	-33	-402	3330	20 %
	2623 MAXA-VY BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-30015	1800	-629	-5197	-11081	23 %
	2624 MINA-VY BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-32853	-83	-6	-144	-3939	20 %
	2625 MAXA-VZ BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-32853	-29	78	1116	-4758	20 %
	2626 MINA-VZ BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-30015	1746	-713	-6457	-10263	23 %
	2627 MAXA-MT BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-30136	58	-38	-544	4525	18 %
	2628 MINA-MT BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33068	-45	29	147	-4648	20 %
	2629 MAXA-MY BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33068	-23	75	1217	-5246	20 %
	2630 MINA-MY BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-30127	1741	-710	-6734	-9696	23 %
	2631 MAXA-MZ BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-33074	-4	-57	-1010	5656	20 %
	2632 MINA-MZ BEAM ULS_eq.6.11 ALS	-30127	1722	-578	-4506	-20622	23 %

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y+Z-
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	17691.20
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3749.32
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	44520.37
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5056.46
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	40403.20

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	5.43
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	10.97
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m2]	59.58
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	296.95

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	2.28
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	2.52
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	3.40
Eksentrisitetskontroll			0.83

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m3]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m3]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m3]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6294.85
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.75

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.45
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.62
[-]	N _a	[-]	4.82
[-]	N _y	[-]	2.21

Kontroller mot V220

Kontroller mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	295.97
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	100 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	357.18
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	83 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y+
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	18927.64
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3749.23
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	44518.35
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5056.33
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	40402.03

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	5.73
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	11.30
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m ²]	64.74
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	292.38

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	2.13
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	2.35
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	3.18
Eksentrisitetskontroll			0.78

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m ³]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m ³]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m ³]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6294.70
Ruhet mot UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.70

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.41
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.57
[-]	N _a	[-]	5.19
[-]	N _y	[-]	2.65

Kontroller mot V220

Kontroller mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	330.14
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	89 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	403.81
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	72 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	18927.64
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3749.23
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	44518.35
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5056.33
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	40402.03

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	5.73
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	11.30
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m2]	64.74
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	292.38

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	2.13
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	2.35
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	3.18
Eksentrisitetskontroll			0.78

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m3]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m3]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m3]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6294.70
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.70

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.41
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.57
[-]	N _a	[-]	5.19
[-]	N _y	[-]	2.65

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament/Lag 1

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	330.14
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	89 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	403.81
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	72 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	29818.55
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3758.56
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	41460.33
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5070.70
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	42025.00

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	7.18
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	13.22
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m2]	94.93
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	314.11

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	1.41
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.39
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.98
Eksentrisitetskontroll			0.50

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m3]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m3]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m3]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6311.80
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.45

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.24
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.35
[-]	N _a	[-]	7.13
[-]	N _y	[-]	5.17

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	63 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	63 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	32765.39
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3758.48
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	41458.31
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5070.57
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	42023.84

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	B _{0,lag1}	[m]	7.43
Effektiv fundamntlengde	L _{0,lag1}	[m]	13.47
Effektiv fundamentflate	A _{0,lag1}	[m ²]	100.14
Grunntrykk UK fundament	q _{v,lag1}	[kPa]	327.19

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	1.28
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.27
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.80
Eksentrisitetskontroll			0.45

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m ³]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m ³]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m ³]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6311.65
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.41

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.21
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.32
[-]	N _a	[-]	7.44
[-]	N _y	[-]	5.60

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	65 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	65 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-VZ BEAM ULS_eq.6.10b STR
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	32765.39
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3758.48
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	41458.31
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5070.57
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	42023.84

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	B _{0,lag1}	[m]	7.43
Effektiv fundamntlengde	L _{0,lag1}	[m]	13.47
Effektiv fundamentflate	A _{0,lag1}	[m ²]	100.14
Grunntrykk UK fundament	q _{v,lag1}	[kPa]	327.19

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	1.28
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.27
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.80
Eksentrisitetskontroll			0.45

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m ³]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m ³]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m ³]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6311.65
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.41

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.21
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.32
[-]	N _a	[-]	7.44
[-]	N _y	[-]	5.60

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	65 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	65 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10b STR Y-
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:
Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2 x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper
Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster			
Vertikallast	N_Ed	[kN]	41878.61
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3519.77
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	46965.22
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5209.75
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	37731.32

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng			
Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon			
Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	B _{0,lag1}	[m]	8.20
Effektiv fundamntlengde	L _{0,lag1}	[m]	13.76
Effektiv fundamentflate	A _{0,lag1}	[m ²]	112.78
Grunntrykk UK fundament	q _{v,lag1}	[kPa]	371.33

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter			
Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	0.90
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.12
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.44
Eksentrisitetskontroll			0.34
			OK

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor			
Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter			
Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m ³]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m ³]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m ³]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet			
Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6287.31
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.32
			OK

N400:2023 7.2.1

Bæreevnefaktorer			
UK fundament/Lag 1			
[-]	f _w	[-]	0.16
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.25
[-]	N _a	[-]	8.15
[-]	N _y	[-]	6.61

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning			
[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne			
UK fundament			
Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	74 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	74 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_b Y
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	41878.61
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3519.77
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	46965.22
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5209.75
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	37731.32

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	8.20
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	13.76
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m2]	112.78
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	371.33

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	0.90
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.12
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.44
Eksentrisitetskontroll			0.34

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m3]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m3]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m3]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6287.31
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.32

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.16
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.25
[-]	N _a	[-]	8.15
[-]	N _y	[-]	6.61

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	74 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	74 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MIN-SIG BEAM ULS_eq.6.10 Y-Z+
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	35940.72
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3519.94
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	46969.30
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	5210.01
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	37733.67

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	7.90
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	13.39
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m ²]	105.75
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	339.85

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	1.05
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.31
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	1.68
Eksentrisitetskontroll			0.40

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m ³]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m ³]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m ³]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	6287.62
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.37

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.19
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.29
[-]	N _a	[-]	7.74
[-]	N _y	[-]	6.02

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	68 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	68 %

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Bæreevne - Gitt last

- Bæreevneberegninger iht. SVV V220

Beregning:	MAX-SIG BEAM ULS_eq.6.10 GEO_a Y
Oppdrag:	Randklev bru
Oppdragsnummer:	1350057292

Felter som fylles ut

Beregningsresultater

	Signatur	Dato
Utført:	KIAA	12.12.2023
Kontrollert:	ERPY	12.12.2023

Innledning:

Bæreevne etter N400:2023 kap 7.2

x er fundamentets tverretning, y er fundamentets lengderetning

Fundamenttyper

Rektangulært fundament

Undrenerte beregninger:

☐ Udrenerte beregninger

Laster

Vertikallast	N_Ed	[kN]	18927.64
Horisontallast - retning X	Fh_X	[kN]	3144.43
Moment om x-akse	M_x,Ed	[kNm]	30400.59
Horisontallast - retning Y	Fh_Y	[kN]	3414.73
Moment om y-akse	M_y,Ed	[kNm]	35200.75

Se figur til høyre for definisjon av aksesystem

Terreng

Overlagring	q	[kPa]	45
Helning i forkant av funtament	$\tan(\beta_{helning})$	[-]	0
Helning i forkant av fundament	$\beta_{helning}$	[grader]	0

$\tan(V/H)$

Fundamentdimensjon

Valgt fundamentbredde, retning X	B	[m]	10.00
Valgt fundamntlengde, retning Y	L	[m]	16.00
Effektiv fundamentbredde	$B_{0,lag1}$	[m]	6.28
Effektiv fundamntlengde	$L_{0,lag1}$	[m]	12.79
Effektiv fundamentflate	$A_{0,lag1}$	[m2]	80.31
Grunntrykk UK fundament	$q_{v,lag1}$	[kPa]	235.67

For kvadratisk fundament sett L = B

Dimensjonerende grunntrykk N400 7.2.2 3) (σ_g)

Lasteksentrisiteter

Lasteksentrisitet i bruas lengderetning	e _x	[m]	1.86
Lasteksentrisitet i bruas tverretning	e _y	[m]	1.61
Resulterende lasteksentrisitet	e _{res}	[m]	2.46
Eksentrisitetskontroll			0.63

N400:2023 7.2.2.2

N400:2023 7.2.3 - Sjekkes for bruksgrensetilstand kombinasjon sjeldent forekommende

OK

Drenert beregninger - UK fundament

Partialfaktor

Materialfaktor	γ _M	[-]	1.5
----------------	----------------	-----	-----

Materialfaktor, αφ-analyse EC7

Materialparameter

Friksjonsvinkel	φ	[grader]	35
Friksjonskoeffisient	$\tan\phi$	[-]	0.70
Dimensjonerende friksjonskoeffisient	$\tan\phi_d$	[-]	0.47
Attraksjon	a	[kPa]	5
Tyngdetetthet jord	γ	[kN/m3]	20
Tyngdetetthet vann	γ _w	[kN/m3]	10
Effektiv tyngdetetthet	γ'	[kN/m3]	10.00
Maks bæreevne	σ _{maks}	[kPa]	500

Friksjonsvinkel

Attraksjon

Tyngdetetthet løsmasser

Tyngdetetthet vann

Ruhet

Maks ruhet svakt lag	r _{maks}	[-]	0.9
Resulterende horisontalkraft	F _h	[kN]	4641.96
Ruhet mot bærelag/UK fundament	r _{lag1}	[-]	0.51

N400:2023 7.2.1

OK

Bæreevnefaktorer

UK fundament/Lag 1

[-]	f _w	[-]	0.28
[-]	α	[-]	1.00
[-]	N	[-]	2.47
[-]	ω	[-]	0.41
[-]	N _a	[-]	6.60
[-]	N _y	[-]	4.45

Kontrollerer mot V220

Kontrollerer mot V220

Terrenghelning

[-]	F _{sq}	[-]	1.00
[-]	F _{sa}	[-]	1.00

Bæreevne

UK fundament

Midlere vertikal bæreevne - retning x	σ _v	[kPa]	464.61
Utnyttelse drenert beregning - retning x	[-]	[%]	51 %
Midlere vertikal bæreevne - retning y	σ _v	[kPa]	500.00
Utnyttelse drenert beregning - retning y	[-]	[%]	47 %

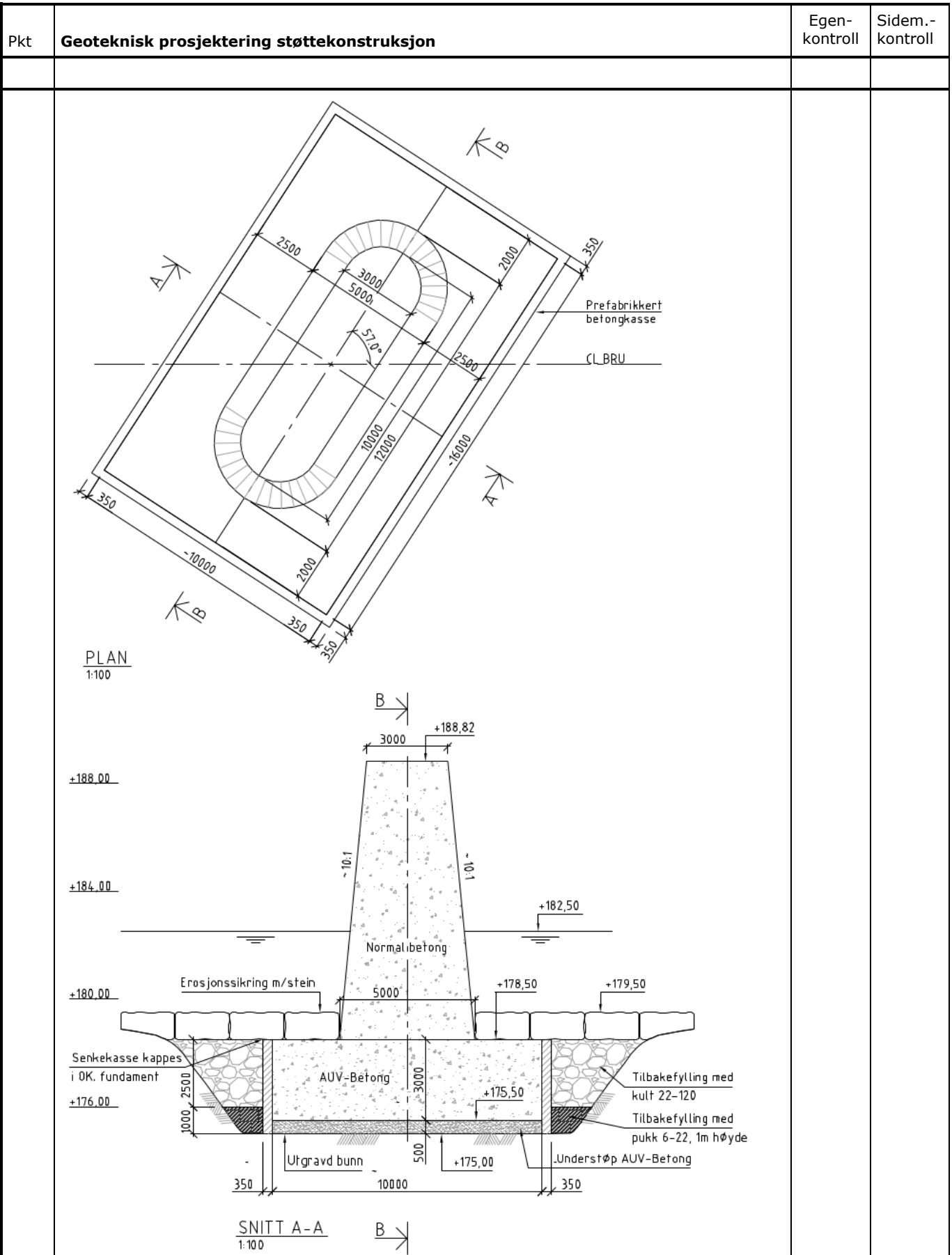
Omtalt som fg i N400 7.2.2.

Omtalt som fg i N400 7.2.2.

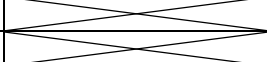
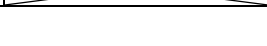
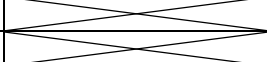
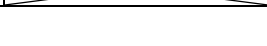
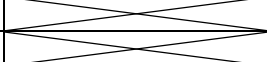
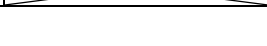
Oppdragsnr.: 1350057292
 Dokument nr: SKG03-Akse3-Setninger
 Oppdragsnavn: Randklev bru
 Oppdragsgiver: Bane NOR

Oppdragsleder: Aslak Flore
 Sidemannskontroll: Ernst Pytten
 Saksbehandler: Kristoffer Knoph Aamodt

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																														
1	GENERELT																																
1.1	Randklev bru akse 3 skal refundamenteres. Fundamentet direktefundamenteres. Dette beregningsheftet omfatter setningsberegninger for akse 3 Randklev bru. Setningene beregnes i Plaxis 2D og Geosuite settlements.	☒	☒																														
2	GRUNNFORHOLD OG GEOMETRI																																
2.1	Tolkning av grunnforhold og materialparametere er gitt i denne rapportens Vedlegg 1. De viktigste parameterne for setningsberegningen er gjengitt under: <table><tr><td>Lag</td><td>Grus / grusig sand</td><td>Sand</td></tr><tr><td>Bunnkote</td><td>+174</td><td>+135 eller dypere</td></tr><tr><td>γ [kN/m³]</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>Φ [°]</td><td>38</td><td>35</td></tr><tr><td>e [-]</td><td>-</td><td>0.79-1.0</td></tr><tr><td>E_{50}^{ref} [MPa]</td><td>-</td><td>30 / 20</td></tr><tr><td>E_{oed}^{ref} [MPa]</td><td>-</td><td>30 / 20</td></tr><tr><td>E_{ur}^{ref} [MPa]</td><td>-</td><td>90 / 60</td></tr><tr><td>G_0^{ref} [MPa]</td><td>-</td><td>64 – 88.2</td></tr><tr><td>$\gamma_{0,7}$ [-]</td><td>-</td><td>0.000186 – 0.000256</td></tr></table> Gjennomførte grunnundersøkelser er presentert i datarapport POM-03-A-00012.	Lag	Grus / grusig sand	Sand	Bunnkote	+174	+135 eller dypere	γ [kN/m ³]	20	20	Φ [°]	38	35	e [-]	-	0.79-1.0	E_{50}^{ref} [MPa]	-	30 / 20	E_{oed}^{ref} [MPa]	-	30 / 20	E_{ur}^{ref} [MPa]	-	90 / 60	G_0^{ref} [MPa]	-	64 – 88.2	$\gamma_{0,7}$ [-]	-	0.000186 – 0.000256	☒	☒
Lag	Grus / grusig sand	Sand																															
Bunnkote	+174	+135 eller dypere																															
γ [kN/m ³]	20	20																															
Φ [°]	38	35																															
e [-]	-	0.79-1.0																															
E_{50}^{ref} [MPa]	-	30 / 20																															
E_{oed}^{ref} [MPa]	-	30 / 20																															
E_{ur}^{ref} [MPa]	-	90 / 60																															
G_0^{ref} [MPa]	-	64 – 88.2																															
$\gamma_{0,7}$ [-]	-	0.000186 – 0.000256																															
2.2	Grunnvannstand LAF for området (+181.5) legges til grunn for setningsberegningene. Setningene beregnes etter effektivspenninger, og ettersom løsmassene er neddykket for alle vannstander i elven spiller grunnvannstanden ingen rolle.	☒	☒																														
2.3	Fundament Fundamentet har rektangulær utforming, med sidekanter på 10x16meter. Fundamentet blir stående neddykket under vann, med UK på kote +175, se planfigur med snitt under.	☒	☒																														



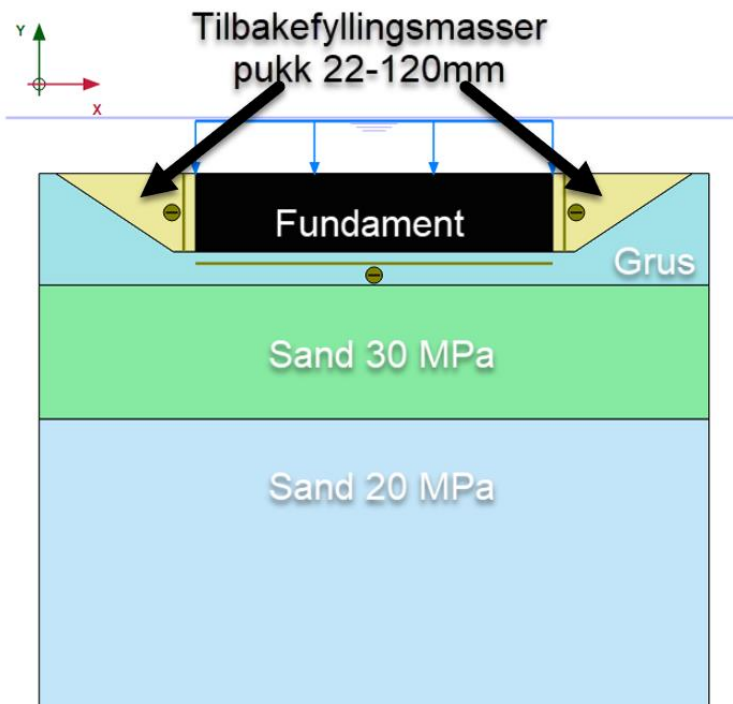
Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
2.4	Laster Setningsgivende laster for akse 3 oppgis fra RIB. Grunnen består av permeable masser, og setninger vil påløpe i takt med pålastning. Før montering av bruoverbygning kan høyde på brulagre justeres, slik at det kun er påførte laster etter denne fasen som gir setninger på bruoverbygningen. Det installeres nivelleringsbolt i toppen av pilaren for innmåling setninger innen bruoverbygningen settes på plass. Setningslastene settes opp etter 4 faser. - Fase 1 inkluderer egenvekt av fundament, pilar og hele senkekassen, samt vekt av erosjonssikring. Lastene som påløper under fase 1 antas som ikke setningsgivende. - Fase 2 inkluderer egenvekt bru og brubane, og antas som setningsgivende. - Fase 3 inkluderer fjerning av delen av senkekassen som ligger over OK fundament, og er en avlastning av grunnen. - Fase 4 inkluderer vekt av tog. Det kan argumenteres for at toglaster ikke er setningsgivende, men medregnes her som en konservativ antagelse. For at setningsberegningene ikke skal sette noen begrensinger for utførelsen av arbeidet velges det å ta noen konservative valg i rekkefølgen av fasene. Det antas at senkekassen over OK fundament fjernes innen bruoverbygningen settes på, og at erosjonssikringen først gjennomføres etter bruoverbygningen er satt på plass. Begge disse antagelsene fører til høyere setningsgivende last. Fase 2 og 3 bytter derfor plass i rekkefølgen, og erosjonssikringen inkluderes i nye fase 3. Faserekkefølge med tilhørende laster som oversendt fra RIB er oppsummert i tabellen under. Setningsgivende laster rundes opp til nærmeste 5'er (kPa) i slutten av hver fase. Forskjellen på setningsgivende last brukt i beregning og teoretisk er angitt i siste rad.	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																		
	<table><tr><th colspan="3">Setningsgivende laster</th></tr><tr><td>Areal fundament</td><td>160</td><td>m²</td></tr><tr><td>Fase 1</td><td><i>kN</i></td><td><i>kPa</i></td></tr><tr><td>Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)</td><td>27000</td><td>168.8</td></tr><tr><td>Senkekaske over OK fundament</td><td>1000</td><td>6.3</td></tr><tr><td>Fordelt last UK fundament fase 1</td><td></td><td>175.1</td></tr><tr><td>Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes</td><td>-1000</td><td>-6.3</td></tr><tr><td>Fordelt last UK fundament fase 2</td><td></td><td>168.8</td></tr><tr><td>Fase 3 egenvekt bru + brubane</td><td>2700</td><td>16.9</td></tr><tr><td>Erosjonssikring på fundament og senkekaske</td><td>4000</td><td>25.0</td></tr><tr><td>Fordelt last UK fundament fase 3</td><td></td><td>215</td></tr><tr><td>Fase 4 vekt tog</td><td>1200</td><td>8</td></tr><tr><td>Fordelt last UK fundament fase 4</td><td></td><td>225</td></tr><tr><td colspan="3">Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3</td></tr><tr><td>Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]</td><td>56.2</td><td>43.6</td></tr></table>	Setningsgivende laster			Areal fundament	160	m ²	Fase 1	<i>kN</i>	<i>kPa</i>	Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)	27000	168.8	Senkekaske over OK fundament	1000	6.3	Fordelt last UK fundament fase 1		175.1	Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes	-1000	-6.3	Fordelt last UK fundament fase 2		168.8	Fase 3 egenvekt bru + brubane	2700	16.9	Erosjonssikring på fundament og senkekaske	4000	25.0	Fordelt last UK fundament fase 3		215	Fase 4 vekt tog	1200	8	Fordelt last UK fundament fase 4		225	Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3			Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]	56.2	43.6							
Setningsgivende laster																																																					
Areal fundament	160	m ²																																																			
Fase 1	<i>kN</i>	<i>kPa</i>																																																			
Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)	27000	168.8																																																			
Senkekaske over OK fundament	1000	6.3																																																			
Fordelt last UK fundament fase 1		175.1																																																			
Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes	-1000	-6.3																																																			
Fordelt last UK fundament fase 2		168.8																																																			
Fase 3 egenvekt bru + brubane	2700	16.9																																																			
Erosjonssikring på fundament og senkekaske	4000	25.0																																																			
Fordelt last UK fundament fase 3		215																																																			
Fase 4 vekt tog	1200	8																																																			
Fordelt last UK fundament fase 4		225																																																			
Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3																																																					
Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]	56.2	43.6																																																			
3	Plaxis 2D Følgende kapittel omhandler setningsberegninger gjennomført i Plaxis 2D.																																																				
3.1	Jordprofil Jordprofilen modelleres ved Hardening soil small strain-modellen (HS small). Parameterne er basert på tolkede grunnundersøkelser i Vedlegg 1. For gruslaget er ikke grunnlaget fra grunnundersøkelsene godt nok for å tolke alle input-parametere i HS small-modellen. Manglende parametere tolkes konservativt ved å sammenligne med underliggende sandlag og erfaringstall. For sandlaget legges de lavest tolkede stivhetsverdiene til grunn, da dette drar beregningen i konservativ retning. Følgende parametere benyttes i beregningen: <table><tr><td>Lag</td><td>Pukk 22-120mm</td><td>Grus</td><td>Sand 30 MPa</td><td>Sand 20 MPa</td></tr><tr><td>Kote</td><td>(Omkring fundament)</td><td>+179 til +174</td><td>+174 til +168</td><td>+168 til +134</td></tr><tr><td>γ [kN/m³]</td><td>20</td><td>20</td><td colspan="2">20</td></tr><tr><td>Φ [°]</td><td>40</td><td>38</td><td colspan="2">35</td></tr><tr><td>e [-]</td><td>1.0</td><td>1.0</td><td colspan="2">1.0</td></tr><tr><td>E₅₀^{ref} [MPa]</td><td>50</td><td>40</td><td>30</td><td>20</td></tr><tr><td>E_{oed}^{ref} [MPa]</td><td>50</td><td>40</td><td>30</td><td>20</td></tr><tr><td>E_{ur}^{ref} [MPa]</td><td>150</td><td>120</td><td>90</td><td>60</td></tr><tr><td>G₀^{ref} [MPa]</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">64</td></tr><tr><td>γ_{0,7} [-]</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">0.000186</td></tr></table> Merk at pukk 22-120mm er kun inkludert som en setningsgivende last, og er i så måte bare avhengig av valgt egenvekt. Pukklaget er modellert ved Hardening Soil-modellen.	Lag	Pukk 22-120mm	Grus	Sand 30 MPa	Sand 20 MPa	Kote	(Omkring fundament)	+179 til +174	+174 til +168	+168 til +134	γ [kN/m ³]	20	20	20		Φ [°]	40	38	35		e [-]	1.0	1.0	1.0		E ₅₀ ^{ref} [MPa]	50	40	30	20	E _{oed} ^{ref} [MPa]	50	40	30	20	E _{ur} ^{ref} [MPa]	150	120	90	60	G ₀ ^{ref} [MPa]			64		γ _{0,7} [-]			0.000186		☒	☒
Lag	Pukk 22-120mm	Grus	Sand 30 MPa	Sand 20 MPa																																																	
Kote	(Omkring fundament)	+179 til +174	+174 til +168	+168 til +134																																																	
γ [kN/m ³]	20	20	20																																																		
Φ [°]	40	38	35																																																		
e [-]	1.0	1.0	1.0																																																		
E ₅₀ ^{ref} [MPa]	50	40	30	20																																																	
E _{oed} ^{ref} [MPa]	50	40	30	20																																																	
E _{ur} ^{ref} [MPa]	150	120	90	60																																																	
G ₀ ^{ref} [MPa]			64																																																		
γ _{0,7} [-]			0.000186																																																		

3.2

Modell

Utsnitt av modellgeometri er gitt i figuren under. Fundamentet er modellert med PLAXIS sin concrete materialmodell. UK fundament er på kote +175. For å forenkle beregningsmodellen er fundamentet modellert opp til OK terreng (3.5 meter tykt), en halv meter tykkere enn faktisk fundamenttykkelse. Dette gjøres for å forenkle lastpåsettingen fra pilar, egenvekt bru og tog i senere faser. Fundamentet oppfører seg stivt, og er godt egnet for å videreføre lastene ned til UK fundament. Som vist i senere verifikasjonspunkt er effektivspenningene under fundamentet innenfor akseptområdet for hva man forventer teoretisk.



Beregningsmodellen er bygget opp etter følgende faser og geometri:

- Fase 00 settes opp ved antatt elvebunn før erosjon, på kote +179.
- Fase 00-1 inneholder utgraving ved erosjon og klargjøring for fundament, 1m utenfor ytterkant fundament.
- Fase 01-1 modellerer etableringen av senkekassen/fundamentet i gropen.
- Fase 01-2 modellerer tilbakefylling av pukk 22-120mm omkring fundamentet.
- Fase 01-3 modellerer etableringen av fundamentets pilar. Dette modelleres ved at en jevnt fordelt last settes over fundamentet.
- Fase 02-1 fjerner lasten fra senkekassen over OK fundament
- Fase 03-1 tilbakestill deformasjoner i modellen til null, og modellerer etableringen av bruens overdekning og brubane ved at egenvekten til brua legges ved som økt fordelt last på toppen av fundamentet, samt en last for å modellere erosjonssikringen.
- Fase 04-1 modellerer egenvekten av tog. Denne legges til som økt jevnt fordelt last over fundamentet.

00 Initial phase [InitialPhase]

00-1 Erosjon og utgraving [Phase_1]

01-1 Fase 1 - Senkekasse/fundament [Phase_2]

01-2 Fase 1 - Tilbakefylling [Phase_3]

01-3 Fase 1 - Etablering av pilar. [Phase_4]

02-1 Fase 2 - Senkekasse o/ OK fund fjernes [Phase_5]

03-1 Fase 3 - Egenvekt bru + brubane + erosjonssikring [Phase_7]

04-1 Fase 4 - Egenvekt tog [Phase_6]

☒

☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll																																																									
3.3	Laster Ettersom fundamentet modelleres som en 3.5m tykk massivblokk med egenvekt ($\gamma=25\text{kN/m}^3$) omregnes den jevnt fordelte lasten over fundamentet slik at opplevd spenning UK fundament samsvarer med lasttabell i punkt 2.4. Egenvekten til fundamentet i modellen regnes ut ved $16\text{m} \cdot 3.5\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 1400 \text{ kN/m}$. Følgende setningsgivende laster benyttes: <table><tr><th colspan="3">Setningsgivende laster i Plaxis</th></tr><tr><td>Areal fundament</td><td>160</td><td>m2</td></tr><tr><td>Fase 1</td><td><i>kN</i></td><td><i>kPa</i></td></tr><tr><td>Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)</td><td>27000</td><td>168.8</td></tr><tr><td>Senkekaske over OK fundament</td><td>1000</td><td>6.3</td></tr><tr><td>Egenvekt fund. Modell</td><td>1400</td><td>kN/m</td></tr><tr><td>Effektiv: Grunntrykk egenvekt fundament i modell</td><td>87.5</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Total: Grunntrykk egenvekt fundament i modell ($W_{\text{fundament}} + u$)</td><td>112.5</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Krefter - egenvekt fundament modell ($168.8+6.3 \text{ kPa} - W_{\text{fundament}}$)</td><td>87.5</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Fordelt last over fundament fase 1</td><td>87.5</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes</td><td>-1000</td><td>-6.3</td></tr><tr><td>Fordelt last over fundament fase 2</td><td>81.3</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Fase 3 egenvekt bru + brubane</td><td>2700</td><td>16.9</td></tr><tr><td>Erosjonssikring på fundament og senkekaske</td><td>4000</td><td>25.0</td></tr><tr><td>Fordelt last over fundament fase 2</td><td>125</td><td>kPa</td></tr><tr><td>Fase 4 vekt tog (20% av 6000 kN)</td><td>1200</td><td>8</td></tr><tr><td>Fordelt last over fundament fase 4</td><td>135</td><td>kPa</td></tr><tr><td colspan="3">Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3</td></tr><tr><td>Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]</td><td>53.8</td><td>43.125</td></tr></table>	Setningsgivende laster i Plaxis			Areal fundament	160	m2	Fase 1	<i>kN</i>	<i>kPa</i>	Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)	27000	168.8	Senkekaske over OK fundament	1000	6.3	Egenvekt fund. Modell	1400	kN/m	Effektiv: Grunntrykk egenvekt fundament i modell	87.5	kPa	Total: Grunntrykk egenvekt fundament i modell ($W_{\text{fundament}} + u$)	112.5	kPa	Krefter - egenvekt fundament modell ($168.8+6.3 \text{ kPa} - W_{\text{fundament}}$)	87.5	kPa	Fordelt last over fundament fase 1	87.5	kPa	Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes	-1000	-6.3	Fordelt last over fundament fase 2	81.3	kPa	Fase 3 egenvekt bru + brubane	2700	16.9	Erosjonssikring på fundament og senkekaske	4000	25.0	Fordelt last over fundament fase 2	125	kPa	Fase 4 vekt tog (20% av 6000 kN)	1200	8	Fordelt last over fundament fase 4	135	kPa	Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3			Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]	53.8	43.125	☒	☒
Setningsgivende laster i Plaxis																																																												
Areal fundament	160	m2																																																										
Fase 1	<i>kN</i>	<i>kPa</i>																																																										
Vekt fundament, pilar og permanent del av senkekaske (uten oppdrift)	27000	168.8																																																										
Senkekaske over OK fundament	1000	6.3																																																										
Egenvekt fund. Modell	1400	kN/m																																																										
Effektiv: Grunntrykk egenvekt fundament i modell	87.5	kPa																																																										
Total: Grunntrykk egenvekt fundament i modell ($W_{\text{fundament}} + u$)	112.5	kPa																																																										
Krefter - egenvekt fundament modell ($168.8+6.3 \text{ kPa} - W_{\text{fundament}}$)	87.5	kPa																																																										
Fordelt last over fundament fase 1	87.5	kPa																																																										
Fase 2 Senkekassen over OK fundament fjernes	-1000	-6.3																																																										
Fordelt last over fundament fase 2	81.3	kPa																																																										
Fase 3 egenvekt bru + brubane	2700	16.9																																																										
Erosjonssikring på fundament og senkekaske	4000	25.0																																																										
Fordelt last over fundament fase 2	125	kPa																																																										
Fase 4 vekt tog (20% av 6000 kN)	1200	8																																																										
Fordelt last over fundament fase 4	135	kPa																																																										
Displacement nullstilles mellom fase 2 og 3																																																												
Sum setningsgivende last brukt og teoretisk [kPa]	53.8	43.125																																																										

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll
3.4	Verifikasjon av modell Det gjennomføres en verifikasjon av modellen ved å hente ut spenning i jorda UK fundament, fase for fase. Spenningen sammenlignes med teoretisk grunntrykk. Sjekken gjennomføres 0.1m under UK fundament for hver fase. Spenningsforskjellen mellom teoretisk og faktisk i Plaxis-modellen er vist i figuren under, og varierer opp mot 6.4 kPa på det høyeste i fase 3 der overdekningen legges til. Hva dette skyldes kan være flere ting. Laveste ruhet i Plaxis er 0.01, og litt av kreftene i modellen vil derfor bli tatt opp som skjærkrefter langs sidene når fundamentet opplever setninger. Fundamentet er modellert med en E-modul som gjør at det kan oppstå litt tøyninger i fundamentet, som igjen bidrar til redusert last i fundamentet. I tillegg så måles spenningene 0.1m under fundamentet, noe som betyr at det har blitt en viss lastspredning fra UK fundament til målepunktet. Ettersom fundamentet er stivere enn jorden, er spenningen høyest langs ytterkantene. Det er av den grunn ikke unaturlig å tenke at lastspredning ut fra fundamentet påvirker resultatene. Den blå linjen viser forskjellen mellom spenning under UK fundament i Plaxis og teoretisk last fra RIB sine laster. Modellen er over linjen i alle faser, og det antas derfor at modellen regner riktig for bruas lastsituasjon, og gir et realistisk, konservativt bilde av setningsforløpet. Spenningsforskjell 0.1m under UK fundament Fase 01-1 Etablering av senkekaske 01-3 Etablering av pilar 02-1 Senkekaske over OK fundament fjernes 03-1 Overdekning - toglast 04-1 Overdekning - egenvekt tog $\sigma_{plaxis} - \sigma_{teoretisk}$ Totalspenning Effektivspenning Setningsgivende last brukt - teoretisk	☒	☒

Pkt	Geoteknisk prosjektering støttekonstruksjon	Egen-kontroll	Sidem.-kontroll														
3.5	Resultater Setninger hentes ut som maksimal vertikal setning UK fundament. Figuren under viser påløpte setninger for hver fase. Setningene tilbakestilles mellom fase 2 og 3. Setninger UK fundament <table><thead><tr><th>Fase</th><th>Setninger u_y [mm]</th></tr></thead><tbody><tr><td>01-1 Etablering av senkekaske</td><td>12</td></tr><tr><td>01-3 Etablering av pilar</td><td>72</td></tr><tr><td>02-1 Senkekaske over OK fundament fjernes</td><td>70</td></tr><tr><td>Reset</td><td>10</td></tr><tr><td>03-1 Egenvekt bru + brubane + erosjonssikring</td><td>18</td></tr><tr><td>04-1 Overdekning - egenvekt tog</td><td>22</td></tr></tbody></table> Beregningen viser at det må påregnes setninger i størrelsesorden 20-30mm.	Fase	Setninger u_y [mm]	01-1 Etablering av senkekaske	12	01-3 Etablering av pilar	72	02-1 Senkekaske over OK fundament fjernes	70	Reset	10	03-1 Egenvekt bru + brubane + erosjonssikring	18	04-1 Overdekning - egenvekt tog	22	☒	☒
Fase	Setninger u_y [mm]																
01-1 Etablering av senkekaske	12																
01-3 Etablering av pilar	72																
02-1 Senkekaske over OK fundament fjernes	70																
Reset	10																
03-1 Egenvekt bru + brubane + erosjonssikring	18																
04-1 Overdekning - egenvekt tog	22																

SIGNERT LISTE Plasseres i oppdragsperm

Utført: Dato og Signatur 12.12.2023 Kristoffer Knoph Aamodt	Sidemannskontroll: Dato og Signatur. 12.12.2023 Ernst Pytten
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.
Utført: Dato og Signatur	Sidemannskontroll: Dato og Signatur.