Bruer og konstruksjoner/Prosjektering og bygging/Fundamentering

< Bruer og konstruksjoner | Prosjektering og byggingDette er den godkjente sideversjonen av denne siden, samt den nyeste.

Innhold

1 Hensikt og omfang
2 Sikkerhetsprinsipper
3 Geotekniske parametre
4 Direkte fundamentering
- 4.1 Generelt
- 4.2 Bæreevne
  - 4.2.1 Fundament på berg
  - 4.2.2 Fundament på løsmasser
- 4.3 Setninger

5 Pelefundamentering
- 5.1 Generelt
- 5.2 Betongpeler
- 5.3 Stålpeler
- 5.4 Utstøpte stålrørspeler
- 5.5 Stålkjernepeler
- 5.6 Pelegrupper
- 5.7 Peleinstallasjon
- 5.8 Strekkpeler
  - 5.8.1 Strekkpeler til berg

6 Støttekonstruksjoner
- 6.1 Jordtrykk
- 6.2 Spuntkonstruksjoner
- 6.3 Støttemurer og landkar
- 6.4 Kasselandkar
- 6.5 Slissevegger
- 6.6 Forankringer for støttemurer og spuntkonstruksjoner
- 6.7 Forankringskonstruksjon for bruer
- 6.8 Armert jord

7 Fyllinger

1 Hensikt og omfang

Dette kapitlet omhandler geoteknisk prosjektering av bruer. En vesentlig del av prosjekteringen i tillegg til selve brua er midlertidige konstruksjoner i byggefasen samt tilgrensende områder og konstruksjoner.

For materialspesifikasjoner, konstruksjonsregler og krav til utførelse, henvises det generelt til kapittel 7 Betongkonstruksjoner, og kapittel 8 Stål- og samvirkekonstruksjoner. For peler henvises det spesielt til NS-EN 1997-1. For laster og lastkombinasjoner henvises det til kapittel 5 Laster.

> Jord skiller seg fra andre bygningsmaterialer ved at den kan være meget inhomogen, og ofte har vanskelig definerbare grensebetingelser. Materialmodeller blir komplekse, og er ofte helt eller delvis empiriske. Erfaring er en vesentlig del av faget geoteknikk.

TRV:04525

[redacted]

TRV:04526

Den geoteknisk prosjekterende skal ha nødvendig geoteknisk kompetanse og erfaring.

2 Sikkerhetsprinsipper

TRV:04527

[redacted]

Partialkoeffisientmetoden i geoteknikk går ut på å påvise at jorda har tilstrekkelig kapasitet til å motstå virkningen av en belastning med hensyn til brudd og skadelige deformasjoner for definerte grensetilstander. Følgende grensetilstander er definert (iflg. NS-EN 1990):

- bruddgrensetilstanden
- bruksgrensetilstanden
- utmattingsgrensetilstanden
- ulykkesgrensetilstanden

[redacted]

TRV:04528

[redacted]

TRV:04529

Deformasjoner skal kontrolleres i bruksgrensetilstand.

TRV:04530

Kontroll i utmattingsgrensetilstand skal foretas der det er fare for at gjentatte laster kan påvirke jordens styrke eller deformasjonsegenskaper. For strukturell utmatting (betong/stål) henvises til Betongkonstruksjoner og Stål- og samvirkekonstruksjoner.

TRV:04531

Kontroll i ulykkesgrensetilstand skal foretas der progressivt brudd kan føre til betydelig utvidet skadeomfang, som f.eks. ved jordskjelv, eller der sensitive/kvikke leirer er involvert.

TRV:04532

Grensetilstandens krav er at dimensjonerende kapasitet skal være større eller lik dimensjonerende lastvirkning.

Dimensjonerende last og kapasitet er definert som følger:

- dimensjonerende last: $P\gamma = P \cdot \gamma_f$
- dimensjonerende kapasitet: $S\gamma = S/\gamma_m$
- P = karakteristisk last
- S = karakteristisk kapasitet
- γ_m = materialkoeffisient
- γ_f = lastkoeffisient$_f$



TRV:08598

Dimensjonerende geotekniske laster mot betongkonstruksjoner som for eksempel landkar, støttemurer, kulverter og hvelv for å bestemme dimensjonerende snittkrefter i konstruksjonen bestemmes som den mest ugunstige av metode 2 og 3 iht. NS-EN 1990 og NS-EN 1997-1, hvor:

• Metode 2: lastfaktorer fra tabell NA.A2.4(B) i NS-EN 1990, partialfaktor for materialparametere på jord fra sett M1 i tabell NA.A.4 i NS-EN 1997-1.

• Metode 3: lastfaktorer fra tabell NA.A2.4(C) i NS-EN 1990, partialfaktor for materialparametere på jord fra sett M2 i tabell NA.A.4 i NS-EN 1997-1.

> For beregning av geoteknisk stabilitet av konstruksjonen eller grunnens bæreevne benyttes metode 3 med partialfaktor etter TRV:01975 og TRV:04536, unntatt for peler hvor metode 2 skal benyttes.

TRV:04534

Poretrykket skal bestemmes vha. målinger eller beregninger basert på ugunstigste opptredende vannstand.

TRV:04535

Karakteristisk kapasitet skal være en forsiktig anslått middelverdi av de målinger og resultater som ligger til grunn.

1. Utførelse: Det skal herunder også tas hensyn til eventuelle systematiske feil, valgt prøvemetode og naturgitte variasjoner.
2. Utførelse: For deformasjonsberegninger skal de mest sannsynlige verdier velges.

TRV:04536

Materialkoeffisienter skal velges på grunnlag av skadekonsekvensklasse (iflg. NS-EN 1990) og mekanisme som kan forventes avhengig av jordart.

1. Utførelse: Det skal i bruddgrensetilstanden benyttes materialkoeffisienter i henhold til TRV:01975.

TRV:04537

Generelt skal brukonstruksjoner dimensjoneres etter skadekonsekvensklasse "Meget alvorlig".

1. Unntak: For midlertidige konstruksjoner kan det gjøres unntak etter nærmere godkjenning av Bane NOR, dersom togtrafikk ikke er direkte involvert.

TRV:04538

I bruksgrensetilstanden skal materialkoeffisient γ_m = 1,0 benyttes.

TRV:04539

Geoteknisk sjekteringsklasse skal defineres i henhold til NS-EN 1997-1.

3 Geotekniske parametre

TRV:04540

Den geoteknisk prosjekterende skal sørge for å framskaffe nødvendige geotekniske grunnlagsdata. Generelt skal dette alltid gjøres ved hjelp av grunnundersøkelser. I tilfeller hvor dekkende resultater fra tidligere grunnundersøkelser foreligger eller andre spesielle forhold skulle tilsi det, kan grunnundersøkelser utelates.

TRV:04541

Den geoteknisk prosjekterende skal i størst mulig grad være medvirkende til at grunnundersøkelsen gjenspeiler det behov for geotekniske parametre som oppstår under prosjekteringen.

TRV:04542

Det endelige omfang vurderes vanligvis kontinuerlig i løpet av grunnundersøkelsesprosessen. Ut fra skadekonsekvens og grunnforhold skal omfanget fastlegges både i tetthet og utbredelse. Eksempelvis bør påvisning av kvikkleire føre til en økt geografisk utbredelse av grunnundersøkelsen, mens meget alvorlig skadekonsekvens og lite homogen jord tilsier økt tetthet.

TRV:04543

Hvilke undersøkelser som skal utføres i felt og laboratorium, samt den lokale plasseringen av boringer og prøver, velges ut fra den enkelte geotekniske problemstilling.

TRV:04544

I tilfeller hvor grunnundersøkelser ikke foreligger eller er mangelfulle, kan erfaringsverdier unntaksvis benyttes. Grunnlaget for verdiene skal gå klart fram av dokumentasjonen. I utgangspunktet er erfaringsverdier ikke noe alternativ til grunnundersøkelser, men vil alltid være nyttige som supplement til foreliggende data. Erfaringsverdier kan for øvrig benyttes for tilkjørte masser hvor geotekniske parametre er vanskelig å bestemme (f.eks. sprengstein). De benyttede erfaringsverdier skal gjenspeile en økt usikkerhet til parametrene, og gjerne gis som variasjonsområder. Erfaringsverdier for flere geotekniske parametre er gitt i i NS-EN 1997-1.

TRV:04545

Karakteristiske styrke- og deformasjonsparametre skal bestemmes ut fra foreliggende geotekniske data, slik at det er liten sannsynlighet for at materialer med ugunstigere verdier forekommer i et omfang som har særlig betydning for det problem parametrene skal anvendes for.

4 Direkte fundamentering

4.1 Generelt

TRV:04546

All direkte fundamentering i forbindelse med bruprosjektering skal dimensjoneres med hensyn til bæreevne og setninger.

TRV:04547

Fundamenteringen skal utføres frostfritt i tilstrekkelig dybde, eventuelt i ikke telefarlige masser, eller ved frostsikring med isolasjon.

1. Utførelse: Fundamenter skal føres ned til mineralske masser.
2. Utførelse: Dersom fundamenter settes på fylling, skal fyllingen legges ut lagvis og komprimeres, etter på forhånd spesifiserte krav til kvalitet/utførelse.
3. Utførelse: Masser som legges ut skal ikke være frosne eller inneholde is eller snø.
4. Utførelse: Det skal ikke bygges på frosne løsmasser. Det skal sørges for at masser ikke fryser før man bygger på dem.

TRV:04548

nenfor den midtre 1/3 av fundamentbredden, og ved fundamentering på

4.2 Bæreevne

TRV:04550

pe skal alltid kontrolleres i bruddgrensetil

4.2.1 Fundament på berg

TRV:04551

Fundamentering på berg: Ved fundamentering på berg skal krav til bergskjæringer i Underbygning/Prosjektering og bygging/Stabilitet#Bergskjæring følges. Kravet gjelder ved fundamentering på utsprengt bergsåle og på naturlig bergprofil.

Bæreevnen skal vurderes av ingeniørgeolog, både under prosjektering og ved bygging. Vurdering av bæreeevne skal gjøres på bakgrunn av observasjoner og beregninger.

TRV:04552

Materialkoeffisienten skal ved fundamentering på berg settes lik 2,0.

TRV:04553

$$\left(V_x^2 + V_y^2\right)^{\frac{1}{2}} \leq \mu N$$

rende skjærkraft i fugen i bruas tverretning

kraft i fugen i br

ettsienten, μ, skal dokumenteres i det enkelte tilfelle. Normalt regn

TRV:04554

Ved direkte fundamentering på berg skal det sprenges en tilnærmet horisontal fjellfot. Bergets overflate bør ikke ha større helning enn 1:8.

4.2.2 Fundament på løsmasser

TRV:04555

Kontroll av tilstrekkelig bæreevne av fundament på jord skal utføres etter klassisk teori med bæreevnefaktorer. Fundamentet skal kontrolleres mot glidning og bæreevnebrudd.

TRV:04556

Beregningene kan utføres ved effektivspenningsanalyse eller totalspenningsanalyse avhengig av grunnforholdene. Valg av analysemetode vurderes i hvert enkelt tilfelle.

1. Utførelse: Beregningene skal inkludere effekter fra

- lagdelt jord
- nabofundamenter
- fundamentform
- terrenghelning
- fundamenteringsdybde
- skrå last
- grunnvann

Det skal vurderes i hvilken grad disse vil kunne endres over tid, og eventuelt stilles betingelser for utførelsen.

TRV:04557

[illegible] i sprengsteinsfylling skal beregnes i henhold til NS[illegible].

G[illegible]r metodikken for bæreevneberegninger på jord beskrevet i NS[illegible].

4.3 Setninger

TRV:04558

Det skal formuleres realistiske krav til akseptable totalsetninger og differentialsetninger for den gitte konstruksjonen. Disse skal gjenspeile sikkerhet og funksjonalitet.

TRV:04559

Setningsberegningene skal vise at de estimerte setningene ligger innenfor disse kravene.

TRV:04560

Setninger skal estimeres gjennom etablerte og anerkjente beregningsmetoder, evt. ved bruk av dokumenterte beregningsprogrammer. Setningsparametre forutsettes kjent fra grunnundersøkelse.

TRV:04561

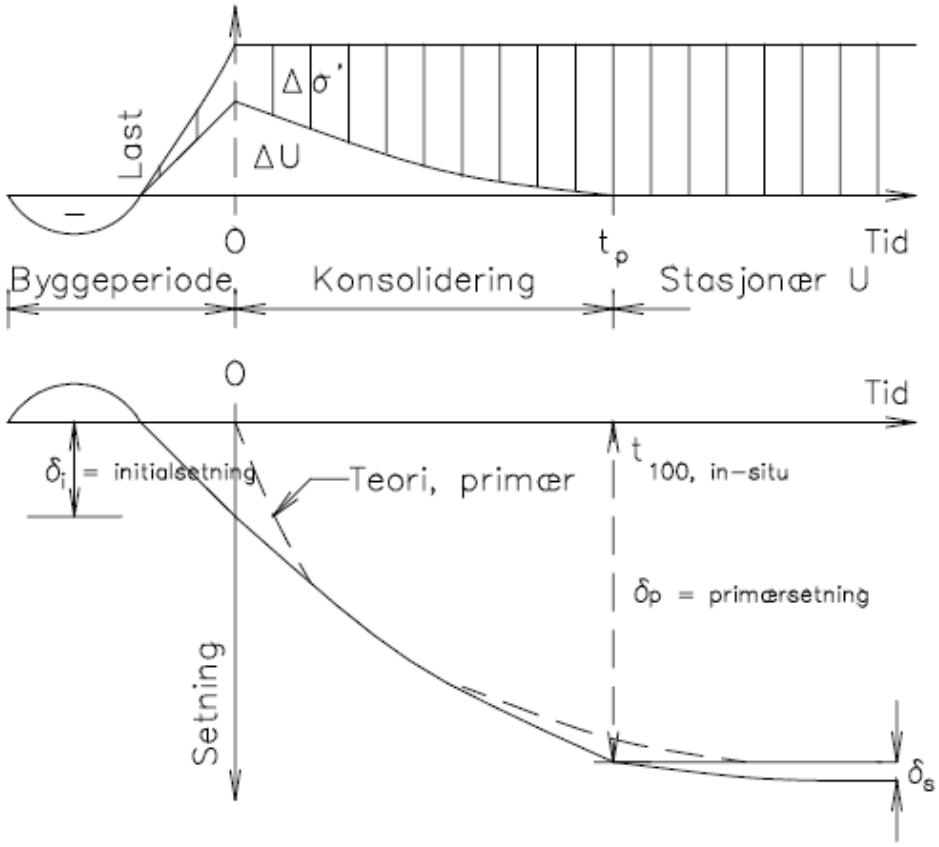
Spenninger før og etter lastpåføring skal beregnes som grunnlag for setningsberegningene. Det finnes flere typer beregningsmodeller som er aktuelle for dette formål. Disse bygger gjerne på forskjellige teoretiske løsninger og forutsetninger. Ved prosjektering av bruer skal i utgangspunktet Janbus fordelingskurver (basert på “kritisk likevektsmetode”) benyttes. Andre metoder eventuelt som et supplement kan imidlertid benyttes der disse er bedre egnet. Egnethet vurderes i hvert enkelt tilfelle.

TRV:04562

Følgende setninger skal beregnes:

- initialsetninger
- primærsetninger
- sekundærsetninger
- sykliske setninger

1. Utførelse: Initielle setninger skal beregnes ved integrasjon av vertikaltøyninger. Vertikaltøyningene finnes elastisk fra beregnede tilleggsspenninger og en initiell deformasjonsmodul som vist i NS-EN 1997.
2. Utførelse: Primærsetninger skal beregnes i henhold til Janbus modulkonsept på grunnlag av beregnede tilleggsspenninger og Janbus tilpasningsformel for deformasjonsmodulen.
3. Utførelse: Sekundærsetninger (krypdeformasjoner) skal beregnes uavhengig av spenningspåføringen. Tøyningene bestemmes som funksjon av tidsmotstanden r_s og tiden t.
4. Utførelse: Sykliske setninger skal vurderes ut i fra antall og størrelse på sykliske laster som akkumulerte deformasjoner ved evt. å bruke resultater fra sykliske laboratorieforsøk.
5. Utførelse: Setningenes tidsforløp skal fastlegges/vurderes. Det kan antas at sekundærsetningene starter ved tidspunkt for avsluttede primærsetninger. Se Figur: Setningsandeler og tidsforløp. Prinsippskisse. Primærsetningenes tidsforløp beregnes som funksjon av konsolideringskoeffisienten c_v.
6. Unntak: Ved enkle og oversiktlige grunnforhold og problemstillinger kan setningsberegningene forenkles. Det kan da gjøres setningsoverslag, der tidsforløpet vurderes, uten inndeling i initial-, primær- og sekundærsetninger.
7. Utførelse: Effekter fra eventuelle nabofundamenter skal inkluderes i beregningene.



Figur: Setningsandeler og tidsforløp. Prinsippskisse.

TRV:04563

Broas overbygning skal prosjekteres slik at den minst kan oppta en setningsdifferanse på 1/1000 av avstanden mellom fundamentaksene eller, ved lange spenn, inntil 50 mm.

TRV:04564

Dersom beregnet setningsdifferanse mellom nabofundamenter er større enn 1/1000 av avstanden mellom fundamentaksene eller større enn 50 mm, skal alternativ fundamenteringsmetode vurderes, for eksempel fundamentering på peler.

5 Pelefundamentering

5.1 Generelt

TRV:04565

Pelefundamentering i forbindelse med jernbanebruer skal prosjekteres og utføres i henhold til NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (TRV:08114). TRV:08125 og TRV:08111 skal også følges.

Det skal under prosjekteringen sikres:

- riktig valg av pelefundamenteringsløsning
- tilstrekkelig kapasitet av pelen
- tilstrekkelig kapasitet av jord og fjell
- tilstrekkelig rambarhet og prosedyrer for installasjon
- tilstrekkelig sikkerhet mot at pelen skades under installasjon, inkludert beregning av rammespenninger og utmattingsbidrag fra peleramming

> Spesifikk beregning av utmattingsbidrag fra peleramming er viktigst ved høy utnyttelse av hammerens energi. Ved lav til middels utnyttelse kan beregning av rammespenninger være tilstrekkelig, sammenholdt med tidligere erfaring eller tidligere beregninger for sammenlignbare forhold. Disse kan bli krevd lagt frem.

TRV:04566

Valg av pelefundamenteringsløsning skal gjøres på et teknisk/økonomisk grunnlag. Det skal optimaliseres mot en best mulig totalløsning.

TRV:04567

Peler skal dimensjoneres for ytre laster i henhold til Bruer/Prosjektering_og_bygging/Laster. Det skal inkluderes laster som overføres gjennom jorda, som påhengskrefter og effekter fra andre nærliggende peler og konstruksjoner.

TRV:04568

Pelens geotekniske vertikale bæreevne i form av sidefriksjon og spissmotstand beregnes med metoder gitt i Peleveiledningen. Den dimensjonerende bæreevnen kontrolleres i samsvar med krav i NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020, beregningsmetode 2. (Kravene er også gjengitt i Peleveiledningen.)

TRV:04569

Pelens installerte kapasitet, eller tverrsnittets kapasitet, beregnes etter aktuell prosjekteringsstandard (seriene NS-EN 1992, 1993, 1994, se TRV:08114) og Peleveiledningen. Det skal anvendes en f_a faktor i samsvar med Peleveiledningen. For frittstående peler i vann skal det anvendes en f_v faktor i samsvar med N400 for hele pelen, unntatt pelespissen hvor f_a-faktor anvendes.

For utstøpte stålrørspeler og stålkjernepeler, se TRV:04579, TRV:08681 og TRV:08105 nedenfor om rørets/foringsrørets medvirkning.

5.2 Betongpeler

TRV:04571

Det skal spesifiseres peler som tilfredsstiller regelverket og krav til:

- betong
- armering
- utforming
- toleranser
- utførelse
- kontroll

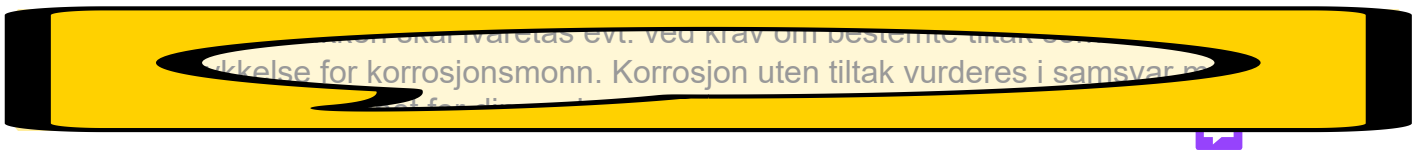
Se også Bruer/Prosjektering_og_bygging/Betongkonstruksjoner.

5.3 Stålpeler

TRV:04573

Den prosjekterende skal spesifisere type stålprofil som skal benyttes, og stålets materialegenskaper, inkludert bruddseighets- og duktilitetsegenskaper. For valg av materiale, se Bruer og konstruksjoner/Prosjektering og bygging/Stål- og samvirkekonstruksjoner. Det skal i hvert enkelt tilfelle stilles krav til pelenes retthet og toleranser.

TRV:04574



TRV:04575

For peler som rammes til spissbæring i morene eller til fjell skal det beskrives utforming av pelespiss. På samme måte skal krav til skjøting beskrives der hvor dette er aktuelt.

TRV:04576

For slanke peler skal det vises at sikkerheten mot knekking er tilstrekkelig med metode som gitt i veiledning.

5.4 Utstøpte stålrørspeler

TRV:04578

Det skal for peler utstøpt i bakken spesielt legges vekt på krav som går på utførelse og kontroll av utførelsen.

TRV:04579

For utstøpte stålrørpeler tillates det at stålrøret utnyttes konstruktivt (beregningsmessig) i ferdigtilstand dersom stålrørtverrsnittets d/t-forhold er mindre eller lik maksimalverdien gitt av NS-EN 1994-2:2005, tabell 6.3. Dersom korrosjon eller andre prosesser kan bringe tverrsnittet til et høyere d/t-forhold skal stålrøret ikke medregnes.

- Bidrag fra ramming skal inkluderes i beregninger av utmatting i stålrøret.
- Betongens E-modul skal velges slik at betongens kryp og svinn er ivaretatt.

TRV:08681

Konstruktiv utnyttelse av stålrøret i utstøpte stålrørspeler regnes som et utradisjonelt fundamenteringskonsept, og skal sendes inn til teknisk kontroll av konsept i henhold til TRV:07872. Slike peler skal prosjekteres og bygges etter krav i Bane NORs tekniske regelverk og NS-EN 1994-serien.

> Det anbefales også å følge de tilleggsprinsipper angitt i N400, punkt 7.5.2-12. For peler som ikke prosjekteres og bygges etter disse tilleggsprinsippene kan Bane NOR be om mer omfattende dokumentasjon i forbindelse med teknisk kontroll av konsept.

TRV:04580

Kapasitet av utstøpte stålrørspeler og tilstøtende konstruksjoner skal kontrolleres for lastvirkninger beregnet for to ulike tilstander:

1. Stålrørets stivhet er medregnet med fullt, ikke-korrodert tverrsnitt
2. Stålrørets stivhet er medregnet med redusert, korrodert tverrsnitt, eller stålrøret er sett bort fra dersom krav i TRV:04579 tilsier at stålet ikke skal medregnes i installert kapasitet.

TRV:04581

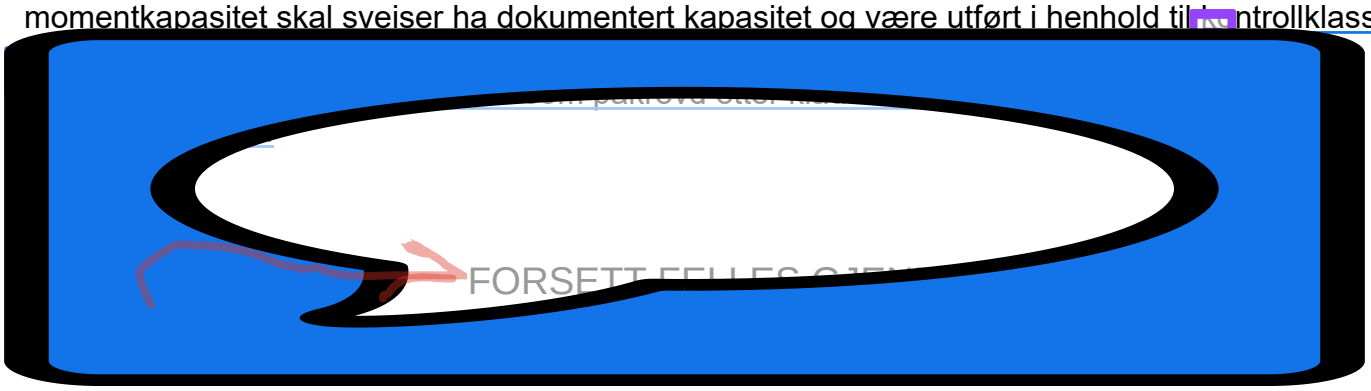
Utstøping av stålrørspeler kan utføres som tørrstøp eller som undervannsstøp. Undervannsstøp skal kun anvendes når stedlige forhold og konstruksjonens utforming ikke muliggjør lensing av stålrøret. For undervannsstøp henvises det til Bruer/Prosjektering_og_bygging/Betongkonstruksjoner.

5.5 Stålkjernepeler

Stålkjernepeler prosjekteres og utføres i samsvar med krav i N400 og dennes henvisninger til Peleveiledningen.

TRV:08105

For tilfeller der det er nødvendig at foringsrøret tas med i beregning av bøyestivhet og momentkapasitet skal sveiser ha dokumentert kapasitet og være utført i henhold til kontrollklasse 2



Bæreevne for en pelegruppe bestående av spissbærende peler tilsvarer summen av de enkelte pelenes bæreevne.

TRV:04591

Bæreevne for en pelegruppe av friksjonspeler skal i sand beregnes som summen av de enkelte pelers bæreevne, mens den i leire skal beregnes som det minste av summerte enkeltpeler og bæreevne beregnet som for et dypt fundament.

TRV:04592

F[illegible] skal tas med som et bidrag til den dimensjonerende lastvirkning (med [illegible].

TRV:04593

Setninger av en pelegruppe skal beregnes som fundament med evt. forenklet spenningsfordeling og influensdybde.

TRV:04594

[illegible] stilles krav til minste avstand mellom pelene tilsvarende anbefalinger gitt i NS-EN 1997.

TRV:[illegible]06

For pelegrupper med fire eller flere peler med fri lengde i vann skal det utføres en risikoanalyse for å vurdere om det skal regnes bortfall av en vilkårlig pel.

1. Utførelse: Risikoanalysen skal baseres på erfaringer fra det europeiske jernbanenettet med hensyn til hvilke hendelser som kan forårsake skade, og hvilken frekvens slike hendelser kan forventes å ha.
2. Utførelse: Dersom det kan forutsettes at trafikken kan stoppes inntil pelefundamentene er inspisert etter en hendelse kan bortfall av en pel regnes som en ulykkessituasjon etter Eurokoden.

5.7 Peleinstallasjon

TRV:04596

Utførelse og kontroll av pelearbeider skal gjennomføres i henhold til NS-EN 1997 og krav gitt i relevante utførelsesstandarder. I de følgende avsnitt gis noen generelle krav, utover det skal retningslinjer og råd gitt i Peleveiledningen følges.

TRV:04597

Omfang av kontroll og evt. instrumentering/måling for dokumentasjon av for eksempel bæreevne skal planlegges under prosjektering.

TRV:04598

Prosjekteringen skal ta hensyn til forhold som under installasjonen påvirker de nære omgivelser, f.eks. rystelser og setninger.

TRV:04599

Det skal gis generelle anbefalinger med hensyn til valg av utstyr for installasjon. Spesielle krav til rammeutstyret skal spesifiseres, både med hensyn til type og tilført energi, for å oppnå tilstrekkelig bæreevne for pelene. Forut for pelearbeidene utarbeides en rammeinstruks som angir krav til utførelse og kontroll. Instruksen skal tilpasses resultatene og evt. målingene fra innledende ramming for å sikre tilfredsstillende bæreevne, samtidig som skader pga. rammingen skal unngås.

TRV:04600

Rambarheten (synk pr. slag) skal beregnes evt. forhåndsvurderes og sammenholdes med praktiske grenseverdier. Spenninger i pelen under installasjon skal beregnes og påvises å ligge innenfor pelens kapasitet. Ved nedramming i løsmasser, innmeisling og kriterieramming skal det i tillegg til synkkriterium spesifiseres krav til tilført netto energi eller fallhøyde knyttet direkte til et bestemt rammeutstyr. Pelens karakteristiske bæreevne skal også dokumenteres for spissbærende peler under ramming. De tilhørende rammespenninger skal kunne opptas av peletverrsnittet, og valgt rammeutstyr skal ha tilstrekkelig kapasitet.

TRV:04601

Det skal stilles krav til protokoll og kontroll under installasjonen. Der hvor det er aktuelt skal det gis kriterier for stopp, innmeisling og etterramming. Krav til setting av pel skal spesifiseres dersom dette vurderes som nødvendig ut fra hensyn som f.eks. topografi, terrengoverflatens beskaffenhet, etc.

5.8 Strekkpeler

TRV:07812

Der de generelle kravene under ikke er oppfylt, beregnes pelegrupper uten bidrag fra strekkpeler. Lastvirkning beregnes inkludert neddykket tyngde av pel.

Generelt gjelder:

1. Utførelse: Det tillates ikke peler med veksling mellom trykk og strekk for sykliske laster, herunder trafikklaster
2. Utførelse: Det kan tillates peler i strekk ved ulykkeslaster
3. Utførelse: Det kan tillates peler til berg i permanent strekk, se avsnitt 5.8.1
4. Utførelse: Strekkapasitet i eventuelle skjøter skal dokumenteres

5.8.1 Strekkpeler til berg

For stålkjernepeler i permanent strekk, som mothold til oppløftskrefter fra vanntrykk, vil belastning fra trafikklast på en bunnplate gi en syklisk last på peler. Størrelsen på trafikklaster i pel vil variere blant annet med platetykkelse, avstand mellom peler og nærhet til dilatasjonsskjøter. Størrelsen på variabel last må beregnes fra gjeldene standarder. Kapasiteten mot syklisk last i forankringssone og utmatting i peler og eventuelle peleskjøter skal dokumenteres. Bane NOR har utarbeidet en prosjekteringsveileder med anbefalt fremgangsmetode for prosjektering og utførelse.

TRV:07813

For stålkjernepeler til berg i permanent strekk skal det minst dokumenteres:

1. Utførelse: Bergets egnethet.
2. Utførelse: Beregnet utrivningsvolum og kapasitet mot utriving. Kun bergvolum medregnes, ikke overliggende løsmasser. Det benyttes utrivingskjegle med vinkel 30 grader, med mindre andre verdier er dokumentert.
3. Utførelse: Dimensjonerende verdier for heft stål/mørtel og mørtel/berg skal dokumenteres, og de angitte verdier skal dokumenteres med egnethetsprøving på anleggsstedet.
4. Utførelse: Kapasitet for syklisk last i forankringssone.
5. Utførelse: Kapasitet for utmatting i peler og peleskjøter.
6. Utførelse: Kapasitet ved bortfall av enkeltpel.

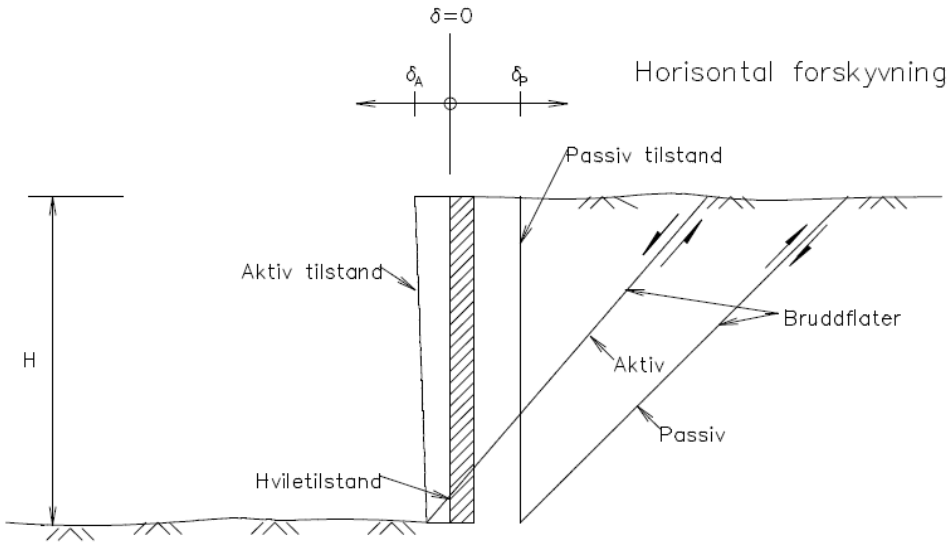
Veiledning til prosjektering og utførelse av strekkforankring

6 Støttekonstruksjoner

6.1 Jordtrykk

Jordtrykk er definert som kontakttrykket mellom vegg og den bakenforliggende jord. Jordtrykket mot en vegg er bestemt av de spenningsfelter som settes opp i jorda bak veggen. Tre tilstander beskriver mekanismen:

- aktiv tilstand
- passiv tilstand
- hviletrykkstilstand



Definisjon av grensetilstander

Ved en *aktiv tilstand* presses konstruksjonen ut av bakenforliggende jord. Ved en *passiv tilstand* presses konstruksjonen inn mot bakenforliggende jord. *Hviletrykkstilstanden* forutsetter at det ikke er relativ bevegelse mellom jord og konstruksjon.

TRV:04603

Jordtrykksberegninger kan utføres på total- eller effektivspenningsbasis. Dette skal vurderes i hvert enkelt tilfelle.

TRV:04604

Jordtrykksberegningen skal utføres på klassisk vis ved bruk av jordtrykkskoeffisienter. Jordtrykkskoeffisientene er gitt i diagram som funksjon av ruhet og mobilisert skjærstyrke. Ved beregning av koeffisientene skal det tas hensyn til eventuelt hellende terreng i bakkant, og ytre laster. Hellende terreng i framkant av konstruksjonen kan inkluderes ved å anta et konservativt horisontalt nivå.

TRV:04605

Komprimeringstrykk mot bakkant av støtteveggen skal inkluderes til den dybde hvor det aktive trykket blir større enn komprimeringstrykket. Det horisontale komprimeringstrykket skal beregnes som restspenning i jorda fra komprimeringen. Støtteveggen skal kontrolleres for belastning under komprimeringsarbeidet.

TRV:04606

Ruheten skal bestemmes ut fra jordens relative bevegelse i forhold til veggen, samt veggens overflatebeskaffenhet. Ved jordtrykksberegning jord mot jord skal ruheten settes til r = 1,0.

Metodikken er f.eks. beskrevet i Statens vegvesen håndbok N-V220 Geoteknikk i vegbygging (2025).

6.2 Spuntkonstruksjoner

TRV:04607

Spuntkonstruksjoner i forbindelse med jernbanebruer skal utføres i stål. Tre og betong kan i spesielle tilfeller være aktuelt, men da i overenskomst med Bane NOR. Det skilles mellom uavstivede, avstivede og forankrede spuntvegger.

TRV:04608

Midlertidige spuntkonstruksjoner skal utføres på samme måte som permanente, eventuelt beregnet for en lavere skadekonsekvensklasse i henhold til sikkerhetsprinsipper. Det tas ikke hensyn til korrosjon ved midlertidige spuntkonstruksjoner.

TRV:04609

For spuntvegger skal det generelt kontrolleres at indre krefter og momenter er i likevekt med ytre krefter (jordtrykk, avstivningsreaksjoner, ytre laster etc.), og at spuntveggen har tilstrekkelig kapasitet. Grenseverdier for jordtrykk beregnes i henhold til jordtrykk. I tillegg til permanent tilstand skal kritiske stadier i løpet av utgravings-/oppfyllingsfasen velges ut og beregnes separat. Beregningene skal avklare minste nødvendige lengde og maksimalt opptredende aksialkraft, skjærkraft og moment for valg av spuntprofil. Vanligvis benyttes innvendig avstivede spuntvegger. I tilfeller hvor stag er aktuelt skal plassering av disse optimaliseres. I grensetilfeller mellom avstivet og uavstivet spunt skal teknisk/økonomiske kriterier legges til grunn for valget. Vertikal likevekt og valg av ruhet skal kontrolleres hvor spunten ikke er installert med spissen mot fjell eller i meget faste masser. Det skal kontrolleres at utbøyning og deformasjoner bak spunt i bruksgrensetilstand er innenfor et akseptabelt nivå.

TRV:04610

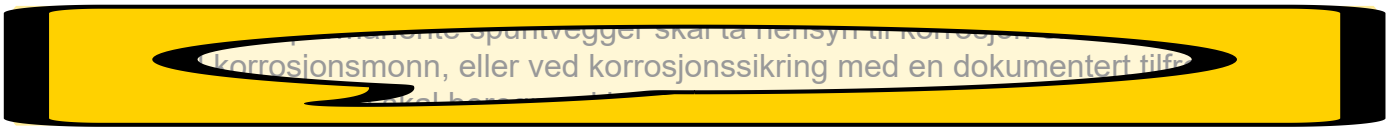
Det skal benyttes etablerte og anerkjente metoder og dokumenterte EDB-programmer ved beregning av spuntkonstruksjoner. Nyttelast skal plasseres i ugunstigste posisjon, også med tanke på eventuell forankring. Det skal tas hensyn til muligheten for økt grunnvannstand (poretrykk) etter spunting som en følge av avskjæring av den naturlige strømningen i jorda. Ved spunting mot fritt vann skal erosjonseffekter inkluderes. I tilfeller hvor bakenforliggende masser er tette, og det er mulighet for oppbygging av hydraulisk trykk mellom jord og vegg, skal dette benyttes framfor et

lavere aktivt trykk i likevektsbetraktningene. Tilsvarende hvis bakenforliggende masser er tilbakespylt, skal veggen kontrolleres for det væsketrykket som disse massene gir. Med leire som drivende masser skal sug i toppen neglisjeres ved uavstivet spuntvegg.

TRV:04611

Forankringer skal dimensjoneres i henhold til forankringer_for_støttemurer_og_spuntkonstruksjoner.

TRV:04612



TRV:04613

I leire skal sikkerhet mot bunnoppressing dokumenteres. I sand hvor grunnvann inngår som en del av beregningen, skal det vises at sikkerheten mot hydraulisk grunnbrudd er tilstrekkelig.

TRV:04614

Ved fjellfeste av spuntfot skal denne normalt antas leddlagret under dimensjoneringen. Eventuelle motholdskrefter fra fjellfestet vurderes i hvert enkelt tilfelle avhengig av forankring, fjellkvalitet og helning på fjellet.

TRV:04615

Dersom spuntveggen utsettes for frost så vil det oppstå et teletrykk mot spunten. Det er ikke mulig å forutsi dette teletrykkets størrelse med brukbar nøyaktighet, men det kan bli betydelig. Jorden bak spuntveggen skal derfor holdes frostfri, dette gjelder både horisontalt på bakenforliggende terreng og vertikalt mot spuntveggen.

6.3 Støttemurer og landkar

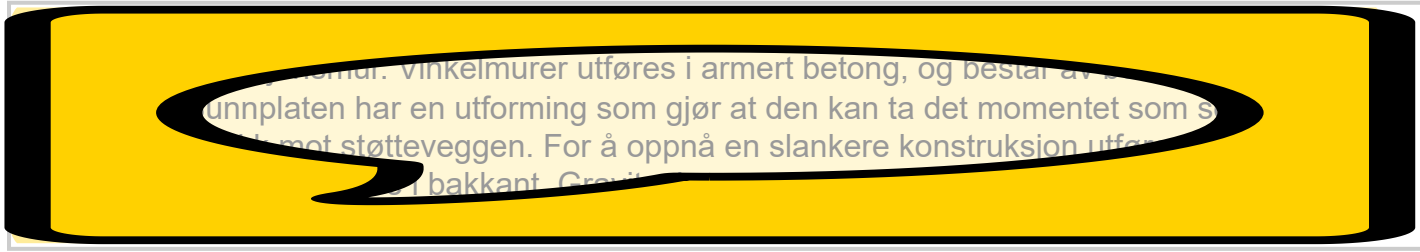
Støttemurer er stive støttekonstruksjoner, vanligvis uforankrede.

TRV:04616

Sikkerhet mot glidning i et evt. svakere lag under bunnplate skal kontrolleres.

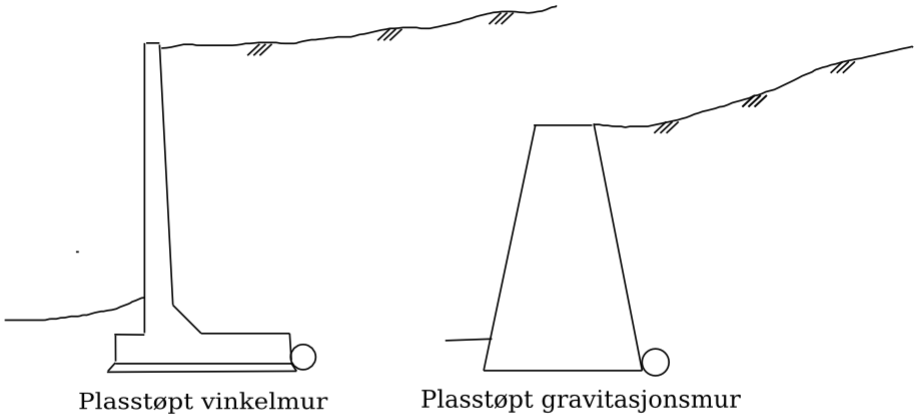
TRV:04617

Tilfredsstillende globale stabilitetsforhold skal dokumenteres.



TRV:04618

Gravitasjonsmurer skal ikke dimensjoneres for strekkspenninger.



Figur: Plasstøpt vinkelmur og plasstøpt gravitasjonsmur

TRV:04619

Jordtrykk mot bakveggen skal beregnes iht. Jordtrykk. For vinkelmurer skal jordtrykket beregnes mot et vertikalt snitt gjennom jorden i flukt med bakkant av bunnplate. Mobilisert ruhet skal da settes innenfor variasjonsområdet -0,5 < r < 0,5 avhengig av konstruksjonens vertikalbevegelse i forhold til jorden. Står muren på fjell eller faste masser skal ruheten settes til r = 0. Jorden mellom dette snittet og muren gir et tyngdebidrag ved bæreevneberegning av bunnplaten. For dimensjonering av betong og armering regnes jordtrykk både i bruddgrensetilstanden og bruksgrensetilstanden.

TRV:04620

Bæreevneberegning av bunnplate på løsmasser skal utføres i henhold til Bæreevne. Bæreevneberegningen skal utføres med jordtrykk beregnet i bruddgrensetilstanden. Vekt av jord på plate skal inkluderes.

TRV:04621

Sikkerhet mot glidning i et evt. svakere lag under bunnplaten skal kontrolleres.

TRV:04622

Tilfredsstillende globale stabilitetsforhold skal dokumenteres.

TRV:04623

Bæreevneberegning av støttemur på fjell skal utføres i henhold til NS-EN 1997. Mot fjell skal muren kontrolleres for velting. Det skal kontrolleres at muren ikke velter med brudd i alle boltene.

TRV:04624

Støttemurer skal fundamenteres frostfritt. Dette kan oppnås enten ved tilstrekkelig fundamenteringsdybde, utskifting til telefrie masser, eller ved isolering. Frostsikringen skal dimensjoneres for en frostmengde med gjennomsnittlig gjentaksintervall 100 år (F_{100}). Tilkjørte masser under bunnplaten skal legges ut og komprimeres lagvis. Det skal benyttes egnede friksjonsmasser ved tilbakefylling bak støttemurer. Massene skal ikke være frosne eller innehold is eller snø. Det skal sikres gode drensforhold bak støttemurer.

Det skal ikke bygges på frosne løsmasser. Det skal sørges for at masser ikke fryser før man bygger på dem.

TRV:04625

Landkar skal i prinsippet dimensjoneres som støttemurer.

6.4 Kasselandkar

TRV:04626

Kasselandkar skal i prinsippet dimensjoneres tilsvarende som for støttemurer. Fra indre ballast og mot bakveggen skal jordtrykket antas som hviletrykk. Det skal optimaliseres teknisk/økonomisk med hensyn til skjørtedybde og bredde av kasselandkaret.

TRV:04627

Som en del av prosjekteringen skal det vurderes hvorvidt en inndeling av kassen i separate kammer med varierende oppfylling vil være aktuelt for å ta ytre momenter.

6.5 Slissevegger

> Slissevegger er normalt ikke i bruk ved prosjektering av jernbanebruer. I enkelte tilfeller hvor det stilles ekstra strenge krav til små deformasjoner og lite rystelser kan imidlertid slissevegger være en løsning, for eksempel i områder med høy tetthet av bygningsmasser.

TRV:04628

For prosjektering av slissevegger henvises til NS-EN 1538:2010+A1:2015.

TRV:04629

Slissevegger skal statisk i prinsippet beregnes på samme måte som en spuntvegg, se Spuntkonstruksjoner.

TRV:04630

Krav til utførelse skal spesifiseres i hvert enkelt tilfelle med spesiell vekt på stabilitet under utgraving og krav til utstøping.

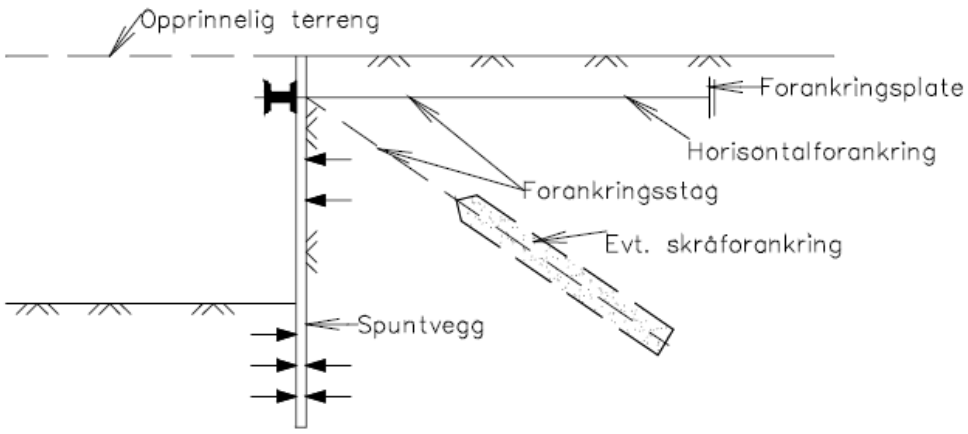
6.6 Forankringer for støttemurer og spuntkonstruksjoner

TRV:04631

Ved store utgravninger foran støttekonstruksjoner, eller høye oppfyllinger bak, skal disse forankres eller avstives på ett eller flere nivåer. Konstruksjonen kan avstives med:

- Stag injisert i løsmasser eller fjell
- Stag forankret i vertikal forankringsvegg
- Stag forankret i horisontal forankringsplate
- Innvendig avstiving

I samsvar med NS-EN 1997-1:2004 avsnitt 9.2 skal konstruksjonens stabilitet dokumenteres for brudd i et konstruksjonselement, f.eks. en vegg, et anker, en pute eller en avstiver, eller brudd i forbindelsen mellom slike elementer.



Aktuelle forankringsmåter med strekkstag

TRV:04632

Permanente injiserte stag i løsmasser skal kun benyttes i friksjonsmaterialer. Temporære løsmassestag kan også benyttes i leire. Holdekapasitet av injiserte og ekspanderte stag i løsmasser skal overslagsmessig beregnes som motstand fra friksjon og endetrykk mot en teoretisk sylinder. Sylinderen vil være bestemt av mengde injiseringsmasse. Faktorer for friksjon og jordtrykk er gitt i NS-EN 1997. For injiserte ankere i berg beregnes kapasiteten etter metode som angitt i Statens Vegvesens Veiledning V220.

I samsvar med NS-EN 1997-1 settes dimensjonerende staglast $E_{ULS;d}$ lik den største av lasten $F_{ULS;d}$ i bruddgrensetilstand eller γ_{Serv}*$F_{Serv;k}$ der γ_{Serv} hentes fra tabell NA.A.18 i NS-EN 1997-1 og $F_{Serv;k}$ er staglasten i bruksgrensetilstand.

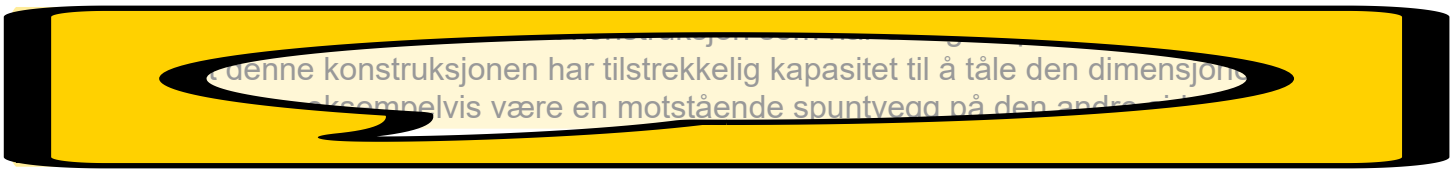
Ved endelig godkjenningsprøving etter installasjon skal alle stagene trekkes til en prøvelast som ikke er mindre enn $\gamma_{a;acc;ULS}$*$E_{ULS;D}$ der $\gamma_{a;acc;ULS}$ hentes fra tabell NA.A.20 i NS-EN 1997-1.

Ved omfattende stagarbeider bør det settes prøvestag som grunnlag for den endelige dimensjoneringen.

TRV:04633

Forankring med vertikal forankringsvegg eller horisontal forankringsplate kan gjøres ved nedgraving av ankrene i originale masser, eller under oppfylling i bakkant. Denne type forankring skal ikke under noen omstendigheter under utgraving på framsiden tillegges mer kapasitet enn det som forankringens overlagring tilsier. Det skal kontrolleres som en del av ankerdesignen at sone for passivt trykk fra forankringsveggen ikke overlapper sone for aktivt trykk mot støttekonstruksjonen. Horisontale forankringsplater skal oppspennes til 150 % av brukslast pga. reduksjon over tid med årsak i kryp, for konstruksjoner der langtidsdeformasjoner ikke kan tillates.

TRV:04634



TRV:04635

Metodikk for dimensjonering av forankringer er gitt i NS-EN 1997. Stagene skal dimensjoneres som støttekonstruksjonens sterkeste ledd.

TRV:04636



TRV:04637

Fjellbolter kan benyttes for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet av byggverket i byggetilstanden.

TRV:04638



TRV:04639

Ved undervannsstøp skal boltens forankringslengde opp i fundamentet økes med 150 mm ut over kravet i NS-EN 1992-1-1.

TRV:04640

For den ferdige konstruksjonen skal fjellbolter bare benyttes som ekstra sikkerhet ut over et nivå tilsvarende lastkoeffisient γ_f = 1,0 for alle laster i bruddgrensetilstanden.

TRV:08276

Fotbolter for spuntfot dimensjoneres etter prinsipper gitt i Statens vegvesen håndbok N-V220 Geoteknikk i vegbygging (2025), med følgende ligning for dimensjonerende motstand:

$R_{bolt,d} = 2\ W\ f_y\ /\ (\Delta\ \gamma_{M2}\ )$

der

Tabell: Parametere for dimensjonering av fotbolt

W	er tverrsnittets motstandsmoment for bolten (redusert for korrosjonstap).
f_y	er stålets flytespenning. Tilgjengelig flytespenning for opptak av bøyemoment korrigeres for samtidig virkende skjærkraft etter Eurokoden.
Δ	er effektivt gap som gir bøyemoment. Gapet vil som regel være større enn "lysåpningen" mellom berg og UK spunt når det korrigeres for innspenningslengde i berg og eventuelt for avstand fra UK spunt til UK foringsrør når dette ikke når ned til UK spunt. Korreksjonen av gapet må vurderes i hvert enkelt tilfelle.
γ_{M2} = 1,25	er partialkoeffisient i henhold til NS-EN 1993-5 [illegible]

TABELL:Parametere_for_dimensjonering_av_fotbolt

Boltens skjærkapasitet skal også kontrolleres med partialkoeffisient γ_{M2} = 1,25

Etter utgraving skal spuntfoten sikres i samsvar med NS-EN 12063 [illegible] dersom det skal sprenges eller sages bergskjæring tett inntil spuntveggen. Se også V220 og Byggegropveiledningen (NGF, 2019).

6.7 Forankringskonstruksjon for bruer

TRV:04641

Forankringer skal prosjekteres i overensstemmelse med [illegible]

6.8 Armert jord

TRV:04642

[illegible] hjelp av bånd av flattstål, glassfiber, syntetiske duker e.l. skal godkjen[illegible]

7 Fyllinger

Dette avsnittet tar kun for seg fyllinger i tilknytning til bruer.

Fyllinger kan i forbindelse med bruprosjektering være aktuelle som fundament for landkar eller som stabiliserende motfylling mot konstruksjoner eller andre skråninger.

TRV:08691

For materialer og utførelse av fyllinger i forbindelse med jernbanekonstruksjoner vises det til avsnittet "Fylling inntil bruer, kulverter og støttemurer" i Statens vegvesen vegnormal N200 Vegbygging (des.2024) samt avsnittet "Drenering og tilbakefylling" i *Statens vegvesen vegnormal N400 Bruprosjektering* (det vises til TRV:08125) som anses som gjeldende for jernbane.

Det understrekes at når Statens vegvesen vegnormal N200 Vegbygging (des.2024) tillater frostsikringsmateriale benyttet i fyllinga så er det kravene til frostsikringsmateriale i Bane NORs tekniske regelverk som gjelder.

[redacted]

TRV:08692

Ved tidskritisk arbeid som for eksempel å legge inn kulverter i korte brudd i togtrafikken skal det benyttes masse som er godt selvdrenerende.

Ved tidskritisk arbeid er det viktig at intens nedbør ikke forsinker arbeidet gjennom at massen bløtes opp slik at det ikke blir optimale forhold for komprimering. I tillegg til avrenning bør derfor overskuddsvann trenge gjennom fyllmassen.

TRV:04643

Det skal utføres stabilitetskontroll av alle fyllinger i henhold til Underbygning/Prosjektering og bygging/Stabilitet.

1. Utførelse: Midlertidige stadier under oppfylling skal kontrolleres separat.
2. Utførelse: Jordarmering kan benyttes som stabilitetsforbedrende tiltak.

TRV:04644

Fyllinger skal bygges opp lagvis.

1. Utførelse: Det skal under arbeidene utføres nøye kontroll av utlagte masser og fyllhøyder, samt kontroll av poretrykk som referanse mot utførte stabilitetsberegninger der hvor poretrykksoppbygging er sannsynlig.

TRV:04645

Landkar for mindre bruer kan etter godkjennelse fra Bane NOR plasseres på steinfylling. Under disse landkarene skal det kun benyttes egnede steinmasser med en gunstig gradering som skal spesifiseres. Slike fyllinger skal ved dimensjonering av bru og landkar forventes å få setninger. Setningsreduserende tiltak som forbelastning, dypkomprimering, vertikaldrenering og kalk-/sementpeler kan benyttes. Lokal bæreevne av landkaret oppe på fyllingen samt global stabilitet skal kontrolleres.

TRV:04646

Som stabiliserende fylling kan det benyttes friksjonsmaterialer, eventuelt leire utlagt som

kvalitetsfylling, lagvis komprimert med drenerende lag mellom. Leirfyllinger skal ikke benyttes ved fylling i vann.

TRV:04647

Ved utfylling i vann skal erosjonsproblematikk fra strømning og bølger spesielt påaktes.

Hentet fra «https://trv.banenor.no/w/index.php?
title=Bruer_og_konstruksjoner/Prosjektering_og_bygging/Fundamentering&oldid=135257»