

Sålefundament – programbeskrivelse

(Programversjon 24.02)

1. Generelt

Programmet beregner bæreevne/grunntrykk for et sålefundament på løsmasser eller berg. Beregningene utføres på grunnlag av Håndbok N-V220 «Geoteknikk i vegbygging» og Håndbok N400 «Bruprosjektering». Sikkerhetsnivået blir bestemt ut fra Håndbok N200 «Vegbygging». Disse tre håndbøkene er tilgjengelig i digital form på hjemmesiden til Statens vegvesen.

Bergartsparametre (jf. pkt. 2) er basert på Intern rapport nr. 2374, «Forankring av bergbolter ved fundamentering av støttemurer og landkar på berg» og «Fjellbolter» (Håndbok -135 i den gamle håndbokserien). Begge de to sistnevnte håndbøkene er formelt utgått, men i mangel av annet regelverk brukes de videre inntil et oppdatert regelverk foreligger.

For direkte fundamentering er det gitt krav i N400 kap. 7.2.

Det er lagt vekt på at programmet skal være enkelt å bruke, og mest mulig selvforklarende, med utstrakt bruk av grafisk presentasjon.

Mellomresultater blir skrevet ut, slik at utskriften i seg selv skal kunne gi tilstrekkelig dokumentasjon på beregningsresultatene, og slik at det skal være mulig å kontrollere riktigheten av resultatene.

Ved utskrift er det lagt inn mulighet for å kunne velge hva en vil ta med av sluttokumentasjon for beregningen.

2. Bergartsparametere

Tabell 11.6.4.5-1 i N-V220 angir bl.a. trykkfasthet for ulike bergarter. Tabellen er hentet fra den ovenfor nevnte Intern rapport nr. 2374. Denne tabellen angir énaksial trykkfasthet for intakt berg. Denne er lite egnet for vurdering av bergmassens fasthetsegenskaper. I ovennevnte Håndbok -135 (kap. 2.1.3) er det gitt en tilsvarende tabell med representative verdier for selve bergmassen med sprekker og hulrom. Verdiene er gitt med et forholdsvis stort variasjonsområde, og med en merknad om at de fleste norske bergarter ligger i øvre del av tallområdet. Denne tabellen ligger til grunn for utgangsverdiene som kommer opp når bruker velger bergartstype. Trykkfasthetsverdiene har sitt utgangspunkt i angitte nedre verdier. Verdiene er kun ment å være veiledende, og kan overstyres av bruker.

Friksjonskoeffisient for glidning bestemmes på grunnlag av pkt. 7.2.1-3 i N400. Bruker kan gi inn en egenbestemt verdi. Om ikke friksjonskoeffisienten for glidning bestemmes, er det iht. pkt. 7.2.1-3 angitt to tilfeller med anbefalte verdier: støp direkte på utsprengt byggegrop og bruk av avrettingsstøp på utsprengt byggegrop. Friksjonskoeffisienten er angitt til hhv. 1,0 og 0,7 for disse to tilfellene. Det forutsettes at bruker velger friksjonskoeffisienten basert på ingeniørmessig skjønn.

3. Såle- og terrenggeometri

To typer såleutforminger kan velges: punktfundament eller stripefundament. Stripefundamentet beregnes for en enhetslengde på 1 m, slik at lastvirkningene i topp gis inn pr. m.

Sålen kan ha horisontal eller skrå overside. For punktfundamentet kan søyleformen være sirkulær, rektangulær eller rektangulær med halvsirkelformet avrundning.

For stripefundamentet er det naturligvis kun den rektangulære formen som er aktuell, dvs. enhetslengde av vegg. Søyle/vegg kan gis inn med eksentrisitet i forhold til senter såle. For punktfundamentet kan søylen plasseres eksentrisk langs begge akser (x- og y-akse).

For stripefundamentet er det naturligvis bare den ene akse (x-aksen) som er aktuell.

Terrenget i framkant kan være horisontalt, skrått eller ha et horisontalt parti som går over i skråning.

Når horisontal flate i framkant går over i skråning, beregnes en ekvivalent skråningsvinkel som

grunnlag for beregning av reduksjonsfaktorene som inngår i bæreevneformelen for skrått terreng.

Ekvivalent skråningsvinkel bestemmes ut fra gitt avstand til skråningsflaten. Denne gis inn av bruker, og bør forutsetningsvis velges med basis i utstrekningen av influenssonen under/foran sålen.

Til støtte for dette valget, kan en ta utgangspunkt i uttegnet skjærflate, og se omtrentlig hvor denne treffer terrenget. Om denne treffer i den horisontale delen i framkant, kan bæreevnen beregnes for horisontalt terreng (som gir større bæreevne).

Når terrenget er skrått i framkant, kan skråningslinjen, for punktfundamentet, fortsette til bakkant såle, eller en kan definere et horisontalt parti i topp av terrenget. Bredden på dette kan variere mellom 0 (dvs. at skråningen fortsetter til bakkant såle) og sålebredden B (dvs. at skråningslinjen bare går til framkant såle).

For stripefundamentet er det horisontale partiet i topp begrenset til tåbredden, dvs. bredde av sålen i framkant fram til veggflaten. For stripefundamentet kan en gi inn separate verdier for jordnivå i fram- og bakkant vegg.

Jordmassene i bakkant antas å ha horisontal avgrensning i topp (for stripefundamentet). Det er i utgangspunktet antatt at det høyeste jordnivået er plassert på høyre side av veggen, og geometrien for opptegningen er derfor tilpasset dette. Det anbefales derfor at en legger inn geometrien iht. dette, selv om bæreevnen blir kontrollert for begge retninger (positiv og negativ x-retning, jf. nedenfor).

4. Laster

Lastvirkningene fra søyle/vegg gis inn i overkant av såle, og kan bestå av vertikallast, horisontallast langs x- og y-aksen, samt momenter om de samme to aksene.

Det kan gis inn maksimalt 12 forskjellige lastkombinasjoner i topp såle. Brudd- og bruksgrense-laster kan gis inn separat, dvs. inntil 12 kombinasjoner for hver grensetilstand. I bruksgrense kan det gis inn to sett med verdier, ett for kontroll av eksentrisitet iht. pkt. 7.2.3-1 i N400, og ett som danner grunnlag for beregning av rissvidder i konstruksjonen.

Vekt av konstruksjonen og overliggende jord beregnes av programmet. Lastfaktorer for vekt av konstruksjon og overliggende jord kan gis inn separat.

For lastvirkninger i topp av sålen er det forutsatt at lastfaktorer er inkludert i lastverdiene som gis inn. Det henvises for øvrig til utfyllende informasjon gitt i tilknytning til lastskjema i programmet.

Vekt av søyle/vegg er forutsatt å være inkludert i lastkombinasjonene som gis inn i ok såle.

For punktfundamentet blir volumet av søylen opp til terrengnivå trukket fra ved beregning av vekt for overliggende jord.

For stripefundamentet beregnes vekt av jordmasser over sålen på begge sider av veggen separat.

5. Beregningsforutsetninger

Vannstanden angis fra underkant såle. Nivået kan settes høyere enn terrengnivået.

Vekt av betongdelene og jord under vannstanden regnes neddykket.

Når vannstands nivået er satt høyere enn sålehøyden, kan en velge om oppdriften av søylen skal trekkes fra vertikallasten som er gitt inn. En haker da av for det nederst i tabellen for lastkombinasjoner. I utgangspunktet er det haket av for dette.

Trykket p' som inngår i bæreevneformelen, beregnes basert på aktuelt vannstands nivå.

Romvektsledet γ' som også inngår i bæreevneformelen, kan regnes dykket eller drenert.

Grunnen antas å være homogen i dybden.

Vanligvis vil partialfaktoren γ_M for bruddgrensetilstanden bestemmes ut fra Tabell 1.4.2-1 i N200 (kommer opp når en klikker på inndata-feltet for γ_M).

Iht. denne tabellen bestemmes partialfaktoren basert på valgt konsekvensklasse og bruddmekanisme. I programmet er det lagt inn mulighet for at bruker kan velge en annen verdi.

Om en velger «Ulykkesgrense», blir γ_M satt lik 1,0.

Ved å velge «Egenbestemt verdi», kan bruker legge inn en verdi basert på egne vurderinger, naturligvis med utgangspunkt i et kvalifisert ingeniørmessig grunnlag.

6. Beregning av bæreevne

Bæreevneberegningen utføres ved en effektivspenningsanalyse for sålefundament på løsmasser. Midlere vertikal bæreevne beregnes iht. formel 7.2.1-5 (pkt. 7.2.1 i N-V220) for horisontalt terreng i framkant og iht. formel 7.2.2-3 (pkt. 7.2.2 i N-V220) for skrått terreng.

Dersom $\tan\phi$ for massene under sålen angis å være 0,90 eller bedre, og terrengoverflaten i framkant minst har helning 1:2 (26,6°), kan en velge å beregne bæreevnen ut fra formelen for sprenngsteinsfylling, gitt i kap. 7.4 i N-V220 (formel 7.4-1). Bæreevnen vil kunne være betydelig større enn om en beregner etter «klassisk» teori for skrått terreng.

Det er imidlertid viktig å være klar over begrensninger i det empiriske grunnlaget som gjelder, bl.a. de geometriske forutsetningene. Det forutsettes at bruker gir inn data som tilfredsstillende kravene til utforming gitt i det ovennevnte empiriske grunnlaget.

Om effektiv sålebredde (B_0) blir beregnet å være mindre enn $B/5$, gir programmet melding om det. Bruker kan overstyre dette, og velge å la programmet gå videre med beregningen.

Når alle nødvendige inndata er lest inn, kan en gå videre til beregningsresultater for brudd- og bruksgrense, og få en oversikt i tabellform over resulterende lastvirkninger ved underkant såle og beregningsresultater for hver enkelt lastkombinasjon.

Dimensjonerende lastkombinasjon blir skrevet med uthevet skrift. Ved å klikke på «Beregningsoppsett», og velge en lastkombinasjon, vil en få en mer detaljert oppstilling av beregningsresultatene for denne kombinasjonen.

Resulterende lastvirkninger ved underkant såle skrives ut. Effektiv sålebredde (B_0) og effektiv sålelengde (L_0) tegnes opp.

Beregnet vertikalt effektivt såletrykk (q_v), skrives også ut. For såle fundamentert på løsmasser, vil videre midlere effektiv vertikal bæreevne (σ_v) og forholdet q_v/σ_v bli skrevet ut. Om dette forholdet er større enn 1, er bæreevnen overskredet, og inndata må endres.

Likeledes, om ruheten under såle (r_b) overskrider maksimalt tillatt ruhet (r_{bmax}), må inndata endres. I bruksgrensetilstanden, for kombinasjon "sjeldent forekommende", kontrolleres beregnede lasteksentrisiteter for x- og y-aksen mot begrensningen gitt i pkt. 7.2.3-1 i Håndbok N400.

For såle fundamentert på berg kontrolleres beregnet grunntrykk i bruddgrensetilstanden q_v mot dimensjonerende trykkstyrke for bergmassen.

Sålefundamentet blir også kontrollert mot glidning, dvs. om horisontallasten er mindre enn vertikallasten multiplisert med angitt friksjonskoeffisient (jf. pkt. 2). Denne kontrollen er iht. pkt. 7.2.2-3 i N400.

Ved skrått terreng i framkant og horisontalkraft i negativ x-retning, kontrollerer programmet bæreevnen for bruddflate både i positiv og negativ x-retning for å finne minste, dvs. dimensjonerende, verdi for bæreevnen. Beregning av bæreevne i negativ x-retning baseres på beregnet ruhet. Formelen for horisontalt terreng benyttes for dette tilfellet, med p' beregnet på grunnlag av jordoverlagringen i bakkant. Bæreevnen kontrolleres også for bruddflate i retning positiv x-akse. Ruheten settes da lik null. Tilfellet som gir minst bæreevne, blir altså dimensjonerende. I oppsettet for beregningsresultater fra programmet angis naturligvis hvilket tilfelle som blir dimensjonerende.

Når det er valgt at bæreevnen for skrått terreng skal beregnes iht. til formelen for sprenngsteinsfylling, kontrolleres likevel bæreevnen i negativ x-retning iht. «klassisk» teori. Bakgrunnen er at formelen for sprenngsteinsfylling er basert på et empirisk grunnlag med bl.a. en minimumsverdi for skråningshelningen i framkant.

For horisontalt terreng blir bæreevnen som for positiv horisontalkraft på sålen (bruddflaten antas å skifte retning).

For såle fundamentert på løsmasser blir kritisk skjærflate tegnet opp for bruddgrense-beregninger. Dette kan tjene som et hjelpemiddel til å vurdere influenssonen under og foran sålen.

Skjærflategeometrien kan også danne grunnlag for å vurdere ev. gjennomsnittsverdier for jordparameterne i grunnen.

Når terrenget er horisontalt, er det lagt inn mulighet for å velge «resulterende» ruhet under såle (r_b), basert på resulterende horisontalkraft H_{res} , som grunnlag for å beregne bæreevnefaktorene N_q og N_γ , dvs. at bruddlinjen (-flaten) egentlig vil gå i retning av resulterende horisontalkraft H_{res} . Det er ikke klart ut fra N-V220 hvordan et slikt tilfelle skal beregnes. I bæreevneformelen er det B_0 som inngår, slik at det i utgangspunktet er tenkt at bruddlinjen går i retning én av hovedaksene. En beregning utført på basis av r_b vil være konservativ. Bæreevnefaktorene vil få en lavere verdi enn om en regner med ruheten r_{bx} basert på horisontalkraften i x-retning. Det er opp til brukeren å vurdere, basert på et ingeniørmessig skjønn, om denne muligheten blir aktuell å bruke eller ikke for et gitt tilfelle. Ved skrått terreng blir bæreevnen beregnet i x-retningen.

7. Begrensninger

Det presiseres at programmet gjelder for beregning av bæreevne/grunntrykk for et sålefundament. Lastvirkningene som gis inn i topp såle antas å være opplagerkrefter beregnet i en statisk analyse av overliggende konstruksjon.

For et stripefundament er ev. horisontallast mot veggen gitt som en last i den statiske analysen.

Det er lagt inn mulighet for å ta med vekten av jord over sålen, siden dette vanligvis ikke blir tatt med i den statiske analysen. For et stripefundament er det typisk tenkt på veggen i en kulvert eller tunnelportal.

Veggen som er tegnet inn (med snittlinje) må ikke oppfattes som frittstående. Denne inngår vanligvis i et rammesystem. Tilsvarende, for et punktfundament, er det typisk tenkt på en brusøyle med innfesting i ok såle.

Om en vil ha med horisontalt jordtrykk mot veggen, kan en heller bruke et av støttemursprogrammene «Mur på løsmasser» eller «Mur på berg», alt etter hvilke grunnforhold som gjelder.