

Jordens bæreevne for småhusfundamenter

Tradisjonelt bestemmes tillatt fundamenttrykk for småhus med veiledende verdier, som kun varierer med jordtype og karakteristisk fasthet. Blant geoteknikere er det velkjent at de virkelige verdier påvirkes av flere faktorer. Det er derfor naturlig å spørre om de verdier som brukes er representative.

Norges byggforskningsinstitutt (NBI) har nylig utgitt et byggdetaljblad om enkle grunnundersøkelser, hvor det er angitt tilnærmede formler for jordens bæreevne. Artikkelen gir bakgrunnen for disse formlene og sammenligner med de veiledende verdier.

Bæreevnen til sand og grus

Tillatt vertikaltrykk på sand og grus for et sentrisk belastet fundament med høy grunnvannstand, er etter /4/ lik:

$$\sigma_{till} = 0,5 N_{\gamma} \gamma' B + p' N_q \quad (1)$$

N_q, N_{γ} = dimensjonsløse bæreevnefaktorer, se /4/

γ' = jordens romvekt under vann, MN/m³

B = fundamentbredde, m

p' = vertikalt effektivtrykk i dybde D under laveste terreng, MN/m²

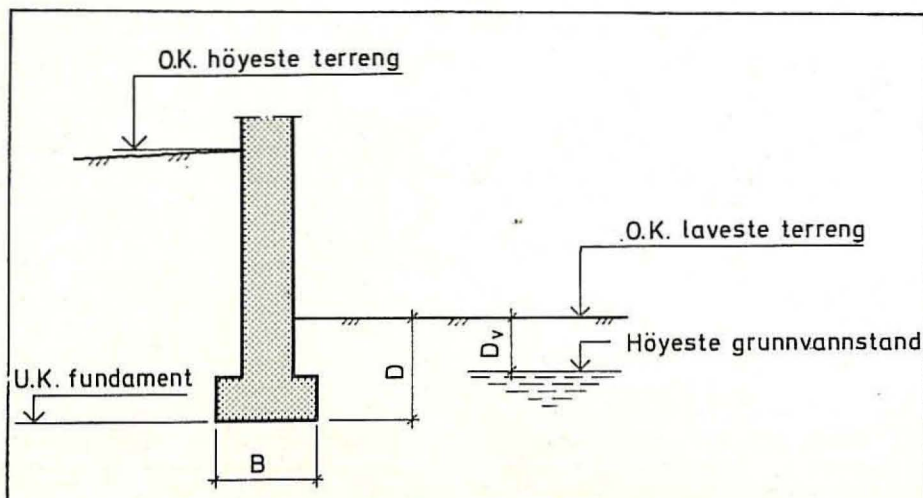
Når man med sikkerhet vet at den høyeste grunnvannstanden aldri kommer høyere enn 1,5 B under fundamentet, kan γ' erstattes med γ (jordens romvekt over grunnvannstanden).

Med $p' = \gamma D_v + \gamma' (D - D_v)$ i formel (1) blir:

$$\sigma_{till} = N_q [\gamma' (D + 0,5 N_{\gamma} / N_q B) + D_v (\gamma - \gamma')] \quad (2)$$

D = minste avstand i m fra fundament til terreng, se fig. 1

Fig. 1. Fundamentbredde og dybder for beregning av tillatt vertikaltrykk på jord. Høyeste grunnvannstand kan oppstå ved flom.



D_v = minste avstand i m fra høyeste grunnvannstand til laveste terreng, se fig. 1.

Variasjonsområdet for γ' er 0,008 – 0,014 MN/m³ (0,8 – 1,4 Mp/m³). Variasjonsområdet for γ i jordfuktig til vannmettet tilstand er 0,014 – 0,024 MN/m³ (1,4 – 2,4 Mp/m³).

Etter /2/ kan tillatt vertikaltrykk på sand og grus for småhus, når grunnvannstanden er høyere enn ca. 1 m under fundamentet, settes lik:

$$\sigma_{till} = K (D + 0,5 B + D_v) \quad (3)$$

Når $D_v > D$, settes $D_v = D$
K = faktor som er avhengig av lagringsfastheten, se tab. 2

Formel (3) er fremkommet ved å sette $\gamma' = 0,01$ MN/m³, $\gamma = 0,02$ MN/m³ K = 0,01 N_q MN/m³ og $N_{\gamma}/N_q = 1$ i formel (2).

Fordi det er vanskelig å bestemme grunnvannstanden nøyaktig, er grensen satt forholdsvis langt under fundamentet.

Når grunnvannstanden aldri kommer høyere enn ca. 1 m under fundamentet, kan etter /2/ formel (3) forenkles til:

$$\sigma_{till} = 2 K (D + 0,5 B) \quad (4)$$



Norges byggforskningsinstitutt
1976

særtrykk 253

Tabell 1 Veiledende verdier for tillatt fundamenttrykk, etter /1/.

Jordart	Tillatt trykkspenning	
Fast lagret sand og grus	0,25–0,30 MN/m ²	(2,5–3,0 kp/cm ²)
Middels fast sand og grus	0,15–0,20 -	(1,5–2,0 -)
Fin sand til grov silt (kvabb)	0,10–0,15 -	(1,0–1,5 -)
Løs sand og silt (kvabb)	0,05–0,10 -	(0,5–1,0 -)
Fast leire	0,15–0,20 -	(1,5–2,0 -)
Middels fast leire	0,07–0,15 -	(0,7–1,5 -)
Bløt leire	0,03 -	(0,3 -)

Tabell 2. Verdier for K for beregning av tillatt vertikaltrykk på sand og grus, etter /2/.

Lagring	K
Fast	0,20 MN/m ³ (20 t/m ³)
Middels fast	0,15 - (15 -)
Løst	0,10 - (10 -)

Tabell 3. Angivelse av leirens fasthet etter skjærfastheten funnet med vingebor, etter /2/.

Fasthet	Vingebor	Udrennet skjærfasthet, S
Meget fast	0,100 MN/m ²	(10 t/m ²)
Fast	0,050–0,100 -	(5 –10 -)
Middels fast	0,025–0,050 -	(2,5 –5 -)
Bløt	0,0125–0,025 -	(1,25–2,5 -)
Meget bløt	0,0125 -	(1,25 -)

Formelen er fremkommet ved å sette $D_v = D + 0,5 B$ i formel (3).

Verdiene for K i tabell 2 er fremkommet ved å sette midlere friksjonsvinkel ϕ lik 32,5° for løst lagret sand og lik 42,5° for fast lagret sand og grus. Sikkerhetsfaktoren F for friksjonsvinkelen ϕ er satt lik 1,3 for begge lagringsfastheter. Verdiene for K er funnet med bæreevnefaktorer fra /4/. Sikkerhetsfaktoren for bæreevnen er 2,1 for løst lagret sand og 2,7 for fast lagret sand og grus.

Verdiene for N_{γ}/N_q er for løst lagret sand og fast lagret sand og grus lik 1,17 og 1,43 med ovenfor angitte ϕ og F.

Formel (3) og (4) viser tydelig hvor meget tillatt vertikaltrykk σ_{till} påvirkes av dybden D til fundamentet og dybden

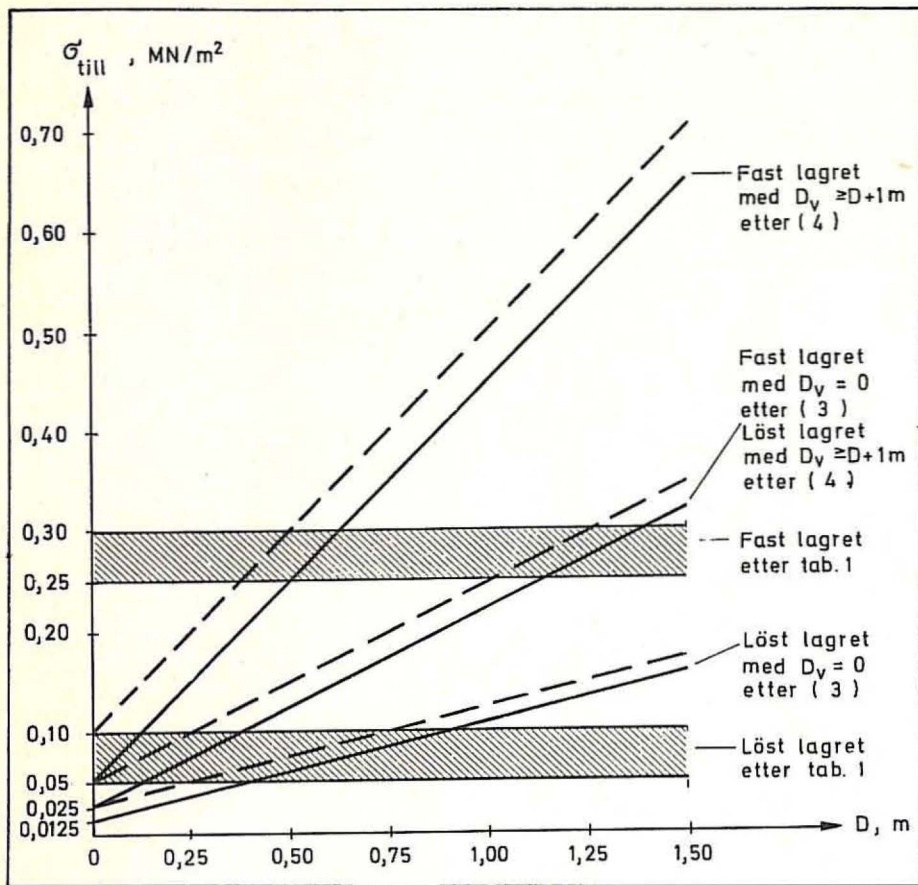


Fig. 2: Tillatt vertikalktrykk på sand og grus for småhusfundament. Veiledende verdier er sammenlignet med beregnede verdier. De beregnede hele linjer gjelder for fundamentbredde $B = 0,25$ m. Andre B -verdier medfører

en parallellforskyvning av linjene. De stiplede linjer gjelder for $B = 0,50$ m. σ_{till} for middels fast lagring er midt mellom de beregnede verdier for fast og løs lagring.

D_v til grunnvannstanden. Når D_v stiger fra $D + 0,5 B$ til 0, synker σ_{till} til halvparten!

I fig. 2 er σ_{till} etter formel (3) og (4) sammenlignet med verdier i tabell 1.

For småhus er som regel $D \geq 0,40$ m når det ikke er kjeller. Med kjeller kan D bli mindre. Vegglastene på fundamentet varierer gjerne mellom $0,015 - 0,050$ MN/m ($1,5 - 5,0$ Mp/m). Fundamentets bredde varierer gjerne mellom $0,20 - 0,50$ m. Vertikalktrykket på jorden fra fundamentet varierer følgelig mellom $0,03 - 0,25$ MN/m² ($0,3 - 2,5$ kp/cm²).

Fig. 2 viser at for løst lagret sand med høy grunnvannstand er verdiene i tab. 1 på den sikre siden. Men for fast lagret sand og grus kan verdiene i tab. 1 komme betydelig på den usikre siden. Med $B = 0,50$ m, $D = 0,40$ m og $D_v = 0$ er σ_{till} etter nedre grense i tab. 1 for fast lagret sand og grus 2,1 ganger større enn etter formel (3)! For løst lagret sand med lav grunnvannstand kan σ_{till} bli betydelig større enn i tab. 1. Med fig. 2 kan man da avgjøre om det er nødvendig å støpe en egen søle som fundament.

med dype fundamenter vil en dimensjonering med verdier etter tab. 1 kunne medføre unødvendig kostbare fundamenter.

Bæreevnen til leire

Tillatt vertikalktrykk på leire for et sentrisk belastet fundament er etter /4/ lik:

$$\sigma_{till} = N_c S/F + \gamma D \quad (5)$$

N_c = dimensjonsløs bæreevnfaktor, se /4/

S = leirens udrenerte skjærfasthet, MN/m², som kan bestemmes indirekte etter tab. 3 eller direkte som angitt i /2/. F = sikkerhetsfaktor for bæreevnen.

γ = jordens romvekt, MN/m³

D = minste avstand i m fra fundament til terreng, se fig. 1.

Variasjonsområdet for γ er $0,016 - 0,021$ MN/m³ ($1,6 - 2,1$ Mp/m³). For småhus brukes som regel langstrakte fundamenter, og bæreevnfaktoren N_c varierer da fra 6–7,3 når D/B varierer fra 0,5 – 3,0, se /4/. Når fundamentet har stor bredde (kantforsterket plate f.eks.) er N_c større enn angitt her, se /4/.

Etter /2/ kan formel (5) for småhus settes lik:

$$\sigma_{till} = 3 S + 0,02 D \quad (6)$$

Formel (3) og (4) er først og fremst ment for småhus, men kan med fordel brukes til overslagsberegning for større bygg. I tillegg må i så fall setningene vurderes. Fig. 2 viser at for større bygg

Formelen gjelder for $D/B \geq 0,5$ og er fremkommet ved å sette $N_c = 6$, $F = 2$ og $\gamma = 0,02$ MN/m³ i formel (5).

I fig. 3 er tillatt vertikalktrykk på leire etter formel (6) sammenlignet med

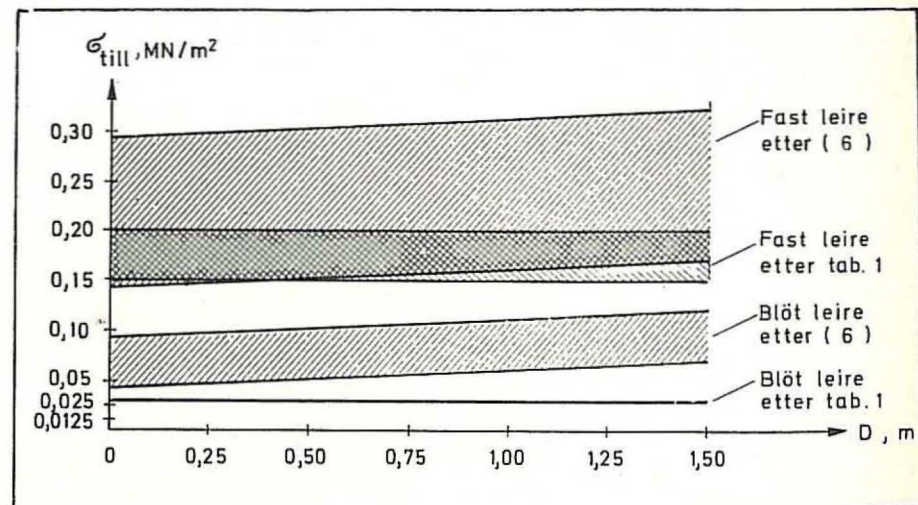


Fig. 3: Tillatt vertikalktrykk på leire for småhusfundament. Veiledende verdier er sammenlignet med beregnede verdier for

småle fundamenter. σ_{till} for middels fast leire er mellom de beregnede verdier for fast og blöt leire.

veiledende verdier i tab. 1. Faste verdier for σ_{till} for leire er altså brukbart med de variasjoner for D som er aktuelle.

Konklusjon

I sand og grus påvirkes det tillatte fundamenttrykket meget sterkt av dybden D og grunnvannstanden D_v , se fig. 1 og 2. De veiledende verdier i tab. 1 som ikke tar hensyn til dette, er derfor ikke representative. Forutsatt at lagringsfastheten er riktig bestemt, vil aldri verdiene i tab. 1 bli mindre enn jordens bruddstyrke. Men sikkerheten kan bli sterkt redusert. Hvis man imidlertid overvurderer lagringsfastheten, kan jordens bruddstyrke bli mindre enn de veiledende verdier når D og D_v er små.

I leire vokser det tillatte fundamenttrykket svakt med dybden D. De veiledende verdier i tab. 1 som er på den sikre siden, kan brukes. Men når leiren er bløt, vil økningen av tillatt fundamenttrykk bli vesentlig når D blir stor. Verdien i tab. 1 for bløt leire er forøvrig så liten at det kan lønne seg å bestemme jordens skjærfasthet S og bruke formel (6).

For småhus hvor fundamenttrykket normalt er lite, tilstreber man alltid å gjøre så lite som mulig ut av grunnundersøkelser og beregninger. I fig. 2 og 3 kan man lett finne de tillatte fundamenttrykk for høy og lav grunnvannstand. Med disse figurene kan man også vurdere hvor nøyaktig man bør kjenne jorden, og om det er nødvendig å beregne det tillatte fundamenttrykk.

Litteratur

- /1/ Veiledning til byggeforskrifter
- /2/ NBI (10).112. Enkle grunnundersøkelser. Byggedetaljblad. Norges byggeforskningsinstitutt, Oslo 1976.
- /3/ Engesgaard, H.: Geoteknikk og moderne småhusfundamentering. NGI-stipendiet 1974. Norges geotekniske institutt.
- /4/ Janbu, N., Bjerrum, L., Kjærnsli, B.: Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver. Publikasjon nr. 16. Norges geotekniske institutt, Oslo 1966.

SÆRTRYKK FRA PLAN OG BYGG

nr 6, 19. august 1976