



NOTAT – BEREGNING AF JORDTRYK VHA EC6DESIGN.COM. ÆKVIVALENT ENSFORDELT LAST

Indledning

I dette notat opstilles en model for beregning af jordtryk på 3- og 4-sidet understøttede kældervægge vha programmet EC6design.com.

Beregningsmodulet ”tværbelastede vægge” i EC6design.com er kun udviklet for ensfordelt last, mens jordtryk som bekendt bliver større med dybden.

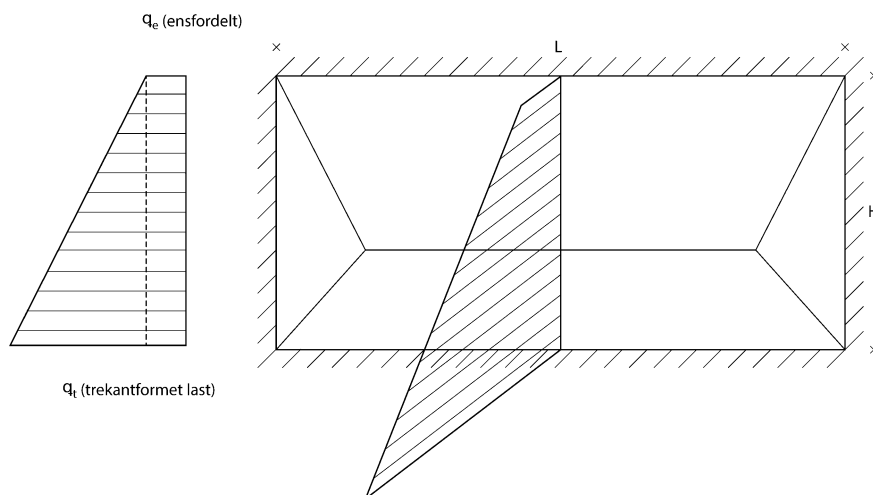
Der opstilles en metode til bestemmelse af en ækvivalent ensfordelt last ($q_{\text{ækv}}$), der giver konservative momenter ift det trekantformede jordtryk. Dvs modellen bestemmer $q_{\text{ækv}}$ som lasten fra jordtrykket i dybden: αH .

Symboler/nomenklatur

α :	Faktor multipliceret på H , hvor fladelasten repræsenterer $q_{\text{ækv}}$
$K_{\text{revne,væg}}$:	Krumning ved hvilken væggen revner
$K_{\text{søjle}}$:	Aktuel krumning af understøttende stålsøjle
μ_d :	Regningsmæssig friktion under vægfelt
E_{blok} :	Elasticitetsmodul af blokmurværket
$E_{\text{søjle}}$:	Elasticitetsmodul af stålsøjle
f_{xk1} :	Bøjningstrækstyrke om vandret akse
H :	Højde af vægfelt
I_{blok} :	Inertimoment af blokmurværket
$I_{\text{søjle}}$:	Inertimoment af stålsøjle
L :	Længde af vægfelt
M_{revne} :	Aktuelt moment, hvor væggen revner pga udbøjning af stålsøjle
$M_{\text{søjle}}$:	Momentet i stålsøjle
$p_{d,\text{gunst}}$:	Til gunst virkende lodret last på væggen
q :	Laster generelt i forbindelse med mellemregninger
$q_{d,\text{søjle}}$:	Linjelast på stålsøjle
q_e :	Den del af jordtrykket, der er ensfordelt
q_t :	Den del af jordtrykket, der er trekantsformig
$q_{\text{ækv}}$:	Fladelasten i dybden αH , der ved ensfordelt påvirkning giver tilnærmelsesvis samme momenter, som det aktuelle jordtryk
t :	Tykkelse af vægfelt
W_{blok} :	Modstandsmoment af blokmurværket

Metodik

Problematikken er skitseret på efterfølgende figur:



Figur 1. Kældervæg påvirket af jordtryk

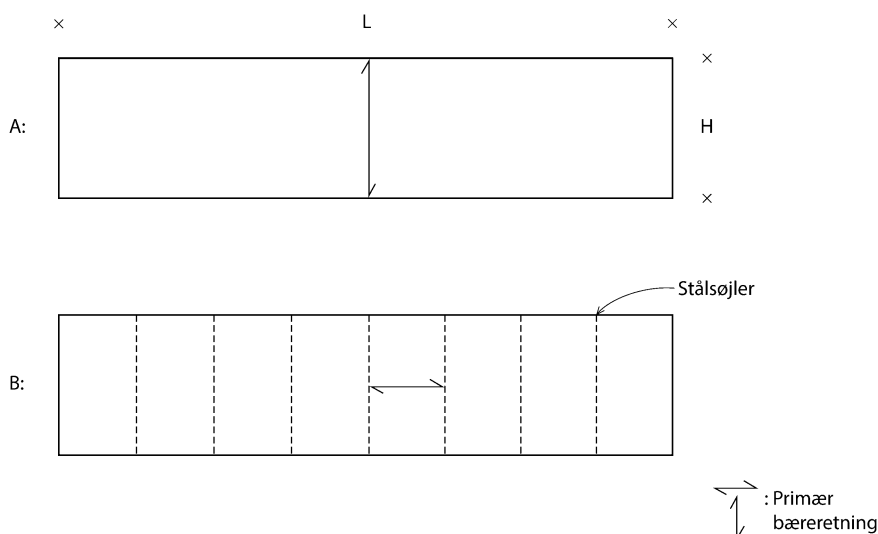
Jordtrykket består normalt af 2 dele:

- En ensfordelt last (q_e) stammende fra last oven på terræn (trafik, etc).
- En trekantformig last (q_t) stammende fra jordtryk.

Følgende 2 grænsetilfælde betragtes:

- A. Væg, hvor hovedparten af bæreevnen stammer fra bøjning om vandret akse. Dvs typisk en væg, hvor spændet mellem de lodrette understøtninger er stor ift spændet mellem de vandrette understøtninger.
- B. Væg, hvor hovedparten af bæreevnen stammer fra bøjning om lodret akse. Dvs typisk en væg, hvor der er etableret lodrette understøtninger (stålsøjler) med kort afstand ift spændet mellem de vandrette understøtninger.

Se efterfølgende figur.

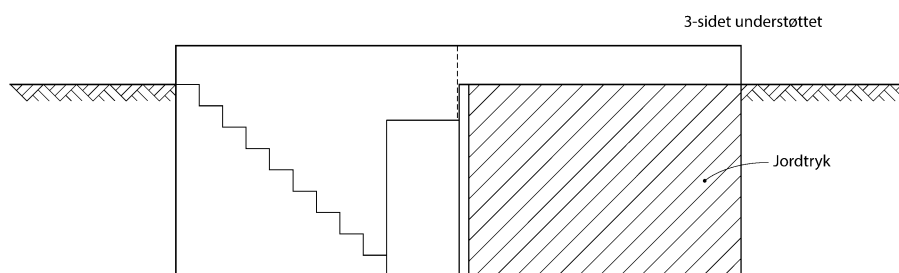
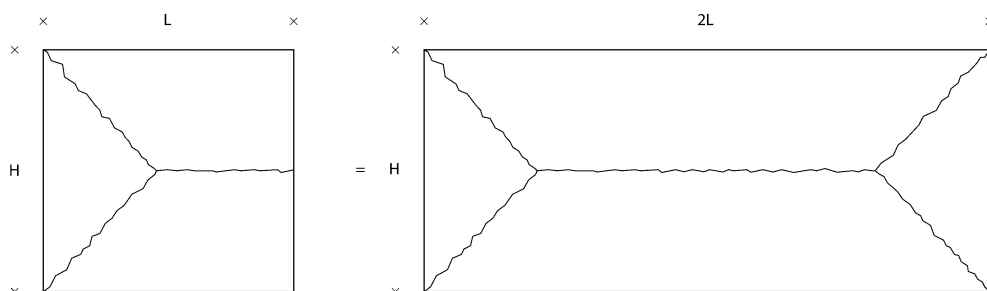


Figur 2. Grænsetilfælde for jordtrykpåvirkede konstruktioner

3- og 4-sidet understøttede vægge

En del kældervægge er udformet med indgangsdøre, hvilket betyder, at kældervæggen kan være 3-sidet understøttet.

De efterfølgende betragtninger er kun udført for 4-sidet understøttede vægge, men et 3-sidet understøttet vægfelt kan normalt regnes som et 4-sidet med længden: $2 \times L$. Se efterfølgende figur:



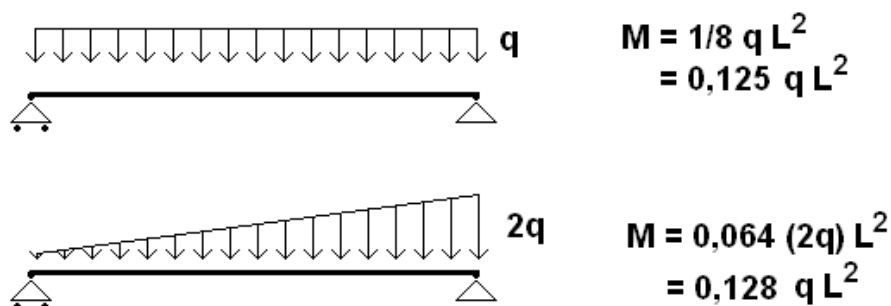
Figur 3. 3-sidet understøttet vægfelt regnet som 4-sidet

Kældervæg. Type A

Lasten regnes primært optaget via bøjning om vandret akse.

Det er den trekantsformige del af lasten (q_0), der skal transformeres til en ækvivalent ensfordelt last.

Indledningsvis undersøges momentet for en trekantsformig last i forhold til momentet fra en ensfordelt last. Dette er illustreret på efterfølgende principielle figur:



Figur 4. Maksimale momenter ved trekantsformig last og ensfordelt last

Det ses, at forskellen er minimal, om momentet bestemmes ud fra en ensfordelt last eller en trekantsformig lastfordeling (med samme totale last).

Forskellen er en faktor (f):

$$f = 0,128/0,125 = 1,024$$

Det vil sige, at den aktuelle ensfordelte ækvivalente last ($q_{\text{ens,ækv}}$) kan tilnærmet (konservativt) beregnes til:

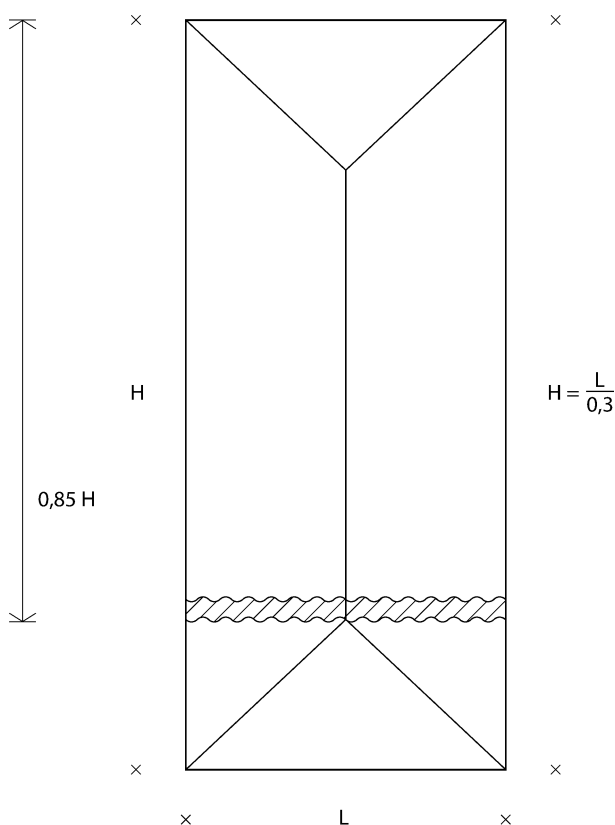
$$q_{\text{ækv}} = 1,024 \times q_t / 2 + q_e = 0,512 \times q_t + q_e$$

Som grænsetilfælde for Type A vælges $H/L = 0,3$ svarende til begrænsninger i Anneks E i EN 1996-1-1.

Kældervæg. Type B

Lasten regnes primært optaget via bøjning om lodret akse.

Som grænsetilfælde for Type B vælges $L/H = 0,3$ svarende til begrænsningen for type A.

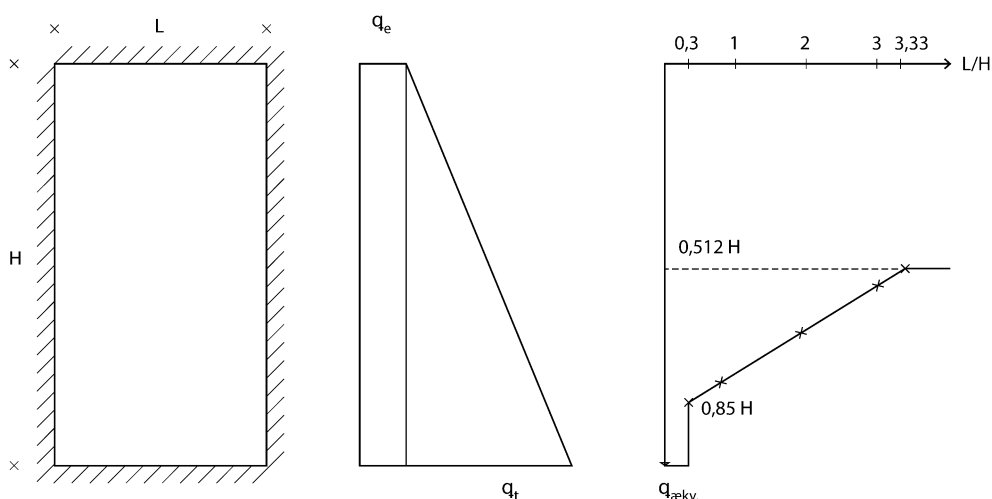


Figur 5. Brudfigur for type B

Det ses af figurens geometri, at i dybden $\approx 0,85 H$ bliver bæreevnen alene baseret på bøjningsspændinger om en lodret akse.

Ækvivalent ensfordelt last som funktion af L/H

Mellem de 2 grænsetilfælde A, B antages, at der kan anvendes lineær interpolation, hvorved følgende graf kan anvendes:



Figur 6. Ækvivalent ensfordelt last

Opskrives graf i tabelform fås:

Tabel 1. Bestemmelse af $q_{\text{ækv}}$ som lasten i dybden: αH

L/H	α
>3,33	0,51
3,33	0,51
3	0,55
2	0,66
1	0,77
0,5	0,83
0,3	0,85
<0,3	1,0

Diverse beregningstekniske forhold

Jordtryk

Ved beregning af asfalterede letklinkervægge kan disse regnes som værende glatte.

Jorden uden for kældervæggen regnes normalt ikke-komprimeret (dvs. højst i en grad, der svarer til den aktuelle forudsatte rumvægt).

Normalt regnes der opfyldt med ikke-kohæsiv jord (dvs. sand), fx med $\varphi_{pl} = 35^\circ$.

Understøtningsforhold ved hjørner

Indspændingsgraden i hjørnerne kan sættes til 1,0, såfremt der er jordtryk på begge hosliggende vægge.

Midterfelter

I midterfelterne vil der optræde buevirkning, idet en vis vandret last kan overføres til nabofelterne. Dette kræver dog en kraftig lodret last.

Buevirkningen er afhængig af $p_{d,gunst}$ og længden på de hosliggende vægfelter (L), da modholdet i nabofelterne skabes ved friktion mod fundament.

I praksis foretages beregningerne ved at regne begge lodrette sider som indspændte samt at forøge f_{xk2} med en værdi (σ), som svarer til det mulige modtryk. Det kan vises, at σ kan bestemmes som:

$$\sigma = L \times p_{d,gunst} \times \mu_d / (H \times t)$$

hvor

L er mindste længde af de hosliggende vægfelter

$p_{d,gunst}$ er den lodret til gunst virkende last på kældervæggen

μ_d er den regningsmæssige friktionskoefficient ved bunden af væggen

H højden af kældervæggen

t er tykkelsen af vægfeltet.

Stålsøjlers stivhed

Lodrette understøtninger er normalt tværvægge, men i nogen tilfælde er det nødvendigt at anvende stålsøjler.

Stålsøjlen dimensioneres ud fra, at belastningen på denne ikke medfører krumninger af en sådan størrelse, at der fremkommer revner i væggen.

$$\begin{aligned} \kappa_{revne,væg} &= M_{revne}/E_{blok} \times I_{blok} \\ &= W_{blok} \times f_{xk1}/E_{blok} \times I_{blok} \\ &= 2 \times f_{xk1}/E_{blok} \times t \end{aligned}$$

Krumningen på stålsøjlen bestemmes til:

$$\begin{aligned} \kappa_{søjle} &= M_{søjle}/E_{søjle} I_{søjle} \\ &= (1/8) \times q_{d,søjle} \times H^2/200.000 \times I_{søjle} \end{aligned}$$

Sættes $\kappa_{revne,væg} = \kappa_{søjle}$ kan minimumsinertimomentet bestemmes.

I mange tilfælde skal anvendes HE 160-180 B stålsøjler eller tilsvarende.