

BEREGNING AF O-TVÆRSNIT SOM ET KOMPLEKST TVÆRSNIT

Indledning

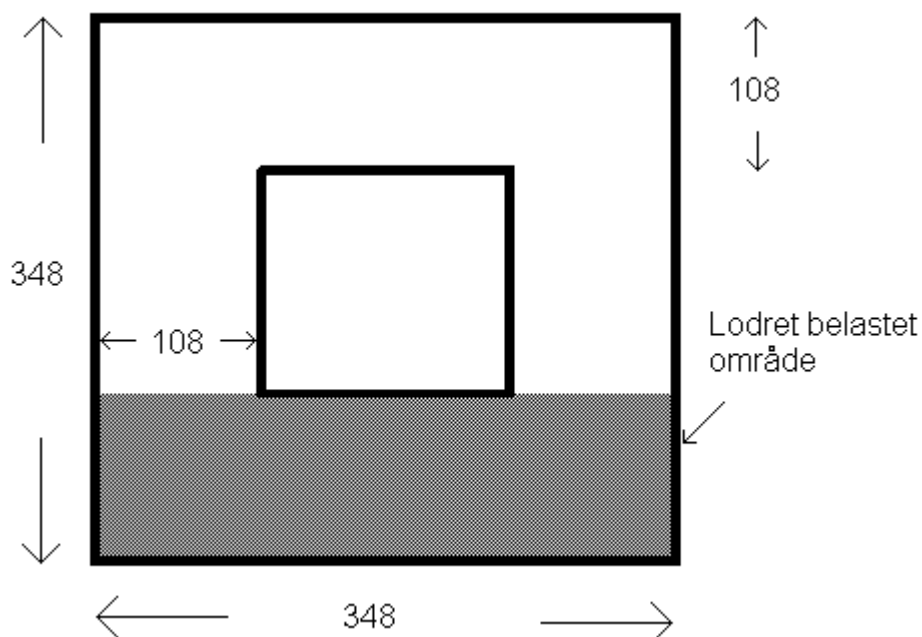
I dette notat gennemregnes som eksempel et muret O-tværsnit. O-tværsnittet kan fx finde anvendelse som søjle i carport eller lignende.

Geometri er angivet på efterfølgende skitse.

Til beregningen anvendes værktøj til bestemmelse af den ækvivalente tykkelse for komplekse tværsnit. Se evt.: <http://www.mur-tag.dk/index.php?id=632>

Geometri

Geometrien er vist på efterfølgende figur:



Figur 1. O-profil

Højden på søjlen er 5,5 m

Styrkeparametre, laster, mm

Følgende parametre anvendes:

Styrkeparametre:

$$\begin{aligned}f_k &= 5,0 \text{ MPa} \\E_{0k} &= 3000 \text{ MPa} \\f_{xk1} &= 0,25 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Densitet:

$$\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$$

Laster:

$$W_{Ed} = 2,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}N_{Ed} &= 20 \text{ til } 60 \text{ kN eller} \\&= 20/0,348 \text{ til } 60/0,348 \text{ kN/m} \\&= 57,5 \text{ til } 172 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Bemærk: Ved bestemmelse af den minimale lodrette last anvendes normalt sikkerhedsfaktoren $\gamma_{G,inf} = 0,9$. Det er væsentlig at bestemme den minimale lodrette last korrekt, da det oftest er denne lastkombination, der er kritisk, da den lodrette last sædvanligvis stabiliserer konstruktionen for vindlast.

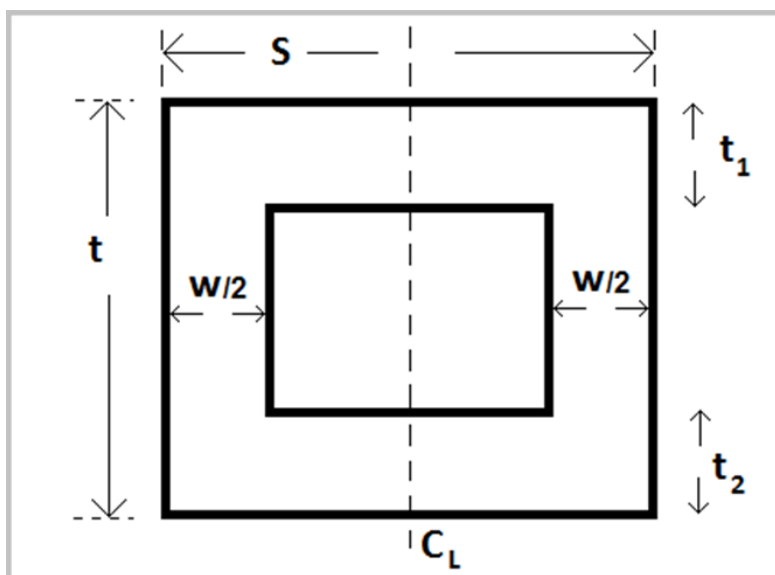
Excentricitetsinterval:

Ved sokkel: I fuld bredde

Ved top: I 1/3 bredde som vist på figur 1

Beregning af den ækvivalente tykkelse

Fra regnearket fås følgende input/output:



Input			Output		For
S	348	mm	t_{ef}	344	mm Mainly lateral loading
t	348	mm	t_{ef}	344	mm Mainly vertical loading
t_1	108	mm	A	103680	mm ²
t_2	108	mm	A_{ef}	119844	mm ²
w	216	mm			

Bemærk w inddateres som 2×108 mm, da kun halvdelen medregnes til et O-tværsnit i dette regneark.

Det ses, at der kan regnes med en effektiv tykkelse (t_{ef}) på 344 mm for søjlen. Dette er næsten den samme højde som ved det massive tværsnit.

Beregning af den murede søjle

Beregning af søjlen for maksimal lodret last

For det ækvivalente tværsnit med tykkelsen $t_{ef} = 344$ mm anvendes skønsomt et excentricitetsinterval svarende til $1/3$ tykkelse i top og det fulde tværsnit i bund.

Udskrift af beregningen for maksimal lodret last er vedlagt i bilag 1, hvoraf ses, at Φ_m er: 0,41 og udnyttelsesgraden i midtertværsnittet for den effektive tykkelse ($U_{m,ef}$) er: 43 %

Udnyttelsesgraden justeres mht arealerne, hvoraf fås det endelige resultat:

$$\begin{aligned} U_m &= 43 \% \times 119884/103680 \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

Det ses at bæreevnen er tilstrækkelig.

Udnyttelsesgraden i toppen er større, da lasten er placeret excentrisk. Dette analyseres ikke yderligere, da forholdet blot repræsenterer vederlagstrykket, som er enkelt at analysere.

Beregning af bagmur for minimal lodret last

Udskrift af beregningen for minimal lodret last er vedlagt i bilag 2, hvoraf ses, at Φ_m er: 0,10 og udnyttelsesgraden i midtørtværsnittet for den effektive tykkelse ($U_{m,ef}$) er: 68 %

Udnyttelsesgraden justeres mht. arealerne, hvoraf fås det endelige resultat:

$$\begin{aligned} U_m &= 68 \% \times 119884/103680 \\ &= 79 \% \end{aligned}$$

Det ses, at bæreevnen er tilstrækkelig

Bemærk: Hvis den lodrette last kommer under 50 kN/m for dette eksempel bliver bæreevnen ikke tilstrækkelig.

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Århus C

Sagsansvarlig: pdc
Dato: 03-11-2014
Tid: 08:19

Projekt navn: EC6design.com - Ver 7.03
Komponent: Maksimal lodret last O-profil

Sagsnummer: 1355724-03
Modul: Lodret belastet muret væg /
EC6design v.7.02

Specifikke forudsætninger

Regningsmæssige dimensioner

Længde = 0,348 m Tykkelse = 344 mm Højde = 5,500 m
Tykkelse af formur = 0 mm
(tykkelse=0 betyder ingen formur)

Understøtningsforhold

Antal understøtninger = 2 $\rho_2 = 1,00$

Karakteristiske materialeparametre

Trykstyrke = 5,00 MPa Bøjningstrækstyrke = 0,25 MPa
E-modul = 3000 MPa E-modul evt. formur = 3000 MPa
Densitet = 1800 kg/m³ Konsekvensklasse = Normal Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig last på bærende væg alene

Lodret last = 172,0 kN/m Tværlast (vindlast) = 2,90 kN/m² (positiv mod venstre)
Excentricitetsintervaller inden korrektion med værdien e_{init} . Positiv mod højre:
Top: fra 57 til 172 mm; Bund: fra -172 til 172 mm

Delresultater

Geometriske forhold

Areal = 0,120 m² $\rho_3 = 0,30$ $\rho_4 = 0,03$
Eff. højde = 5500 mm Eff. tykkelse = 344 mm Slankhedsforhold = 16,0
Initialexcentricitet $e_{init} = 12$ mm Krybningsexcentricitet $e_k = 4$ mm

<i>Materialeparametre</i>	Karakt. værdi	Partialkoeff	Regn.mæss. værdi
Trykstyrke	$f_k = 5,00$ MPa	1,60	$f_d = 3,12$ MPa
Bøjningstrækstyrke	$f_{xk1} = 0,25$ MPa	1,70	$f_{xd1} = 0,15$ MPa
E-modul	$E_{0k} = 3000$ MPa	1,60	$E_{0d} = 1875$ MPa
Specifik tyngde			0,00001765 N/mm ³

Bæreevneforhold

	top	midt	bund
Regningsmæssig normalkraft, N_{Ed}	172,0 N/mm	188,7 N/mm	205,4 N/mm
Minimal trykzonebredde, N_{Ed} / f_{cd}	55 mm	60 mm	66 mm

EN 1996 - 1 - 1 - beregning

Trykbuens excentricitet	97 mm	33 mm	-127 mm
Væggens udbøjning, e_5	-	-16 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	97 mm	49 mm	127 mm
(i midten mindst $1/20 \times$ vægtykkelsen)			
Reduktionsfaktor Φ (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.4) og (G.1))	0,44	0,41	0,26
Regn.mæss. bæreevne N_{Rd} (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.2))	470,4 N/mm	442,2 N/mm	281,8 N/mm
Udnyttelsesgrad N_{Ed} / N_{Rd}	37 %	43 %	73 %

Navier-beregning

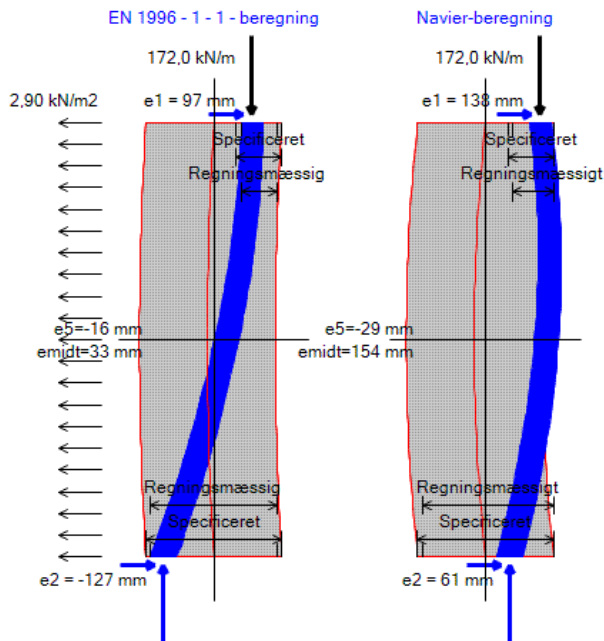
Trykbuens excentricitet	138 mm	154 mm	61 mm
Væggens udbøjning, e_5	-	-29 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	138 mm	183 mm	61 mm
1. ordens moment $M_0 = N_{Ed} \times e$		31424 Nmm/mm	
Eulerlast N_{cr}		2075,2 N/mm	
Momentforøgelsesfaktor $\alpha = N_{cr} / (N_{cr} - N_{Ed})$		1,10	
Resulterende moment $M_{max} = \alpha \times M_0$		34567 Nmm/mm	
Modstandsmoment Z		19723 mm ³ /mm	
Bøjningsspænding $abs(M_{max}) / Z$		1,753 MPa	
Normalspænding $N_{Ed} /$ vægtykkelse		0,549 MPa	
Kanttrækspænding og -styrke		1,204 MPa	0,147 MPa
Kanttrykspænding og -styrke		2,301 MPa	3,125 MPa
Største udnyttelsesgrad = kantspænding / styrke		819 %	

Resultat

Dimensionsgivende udnyttelsesgrader	37 %	43 %	73 %
-------------------------------------	------	------	------

Konklusion

Da alle dimensionsgivende udnyttelsesgrader (top, midt og bund) er $<$ eller $=$ 100 %, er væggens bæreevne tilstrækkelig.



Det grå område er væggen. Det blå område er den smalleste mulige trykbue, symmetrisk om tryklinien og med bredden NEd/f_d .

Den krumme røde linie gennem vægtværsnittenes midtpunkter benævnes vægaksen. Den lodrette sorte linie gennem vægaksens skæringspunkter med top- og bundsnittene benævnes systemlinien. Tryklinien er ikke vist, men ligger midt i trykbuen.

For EN 1996 - 1 - 1 - beregningens vedkommende er i top og bund de specificerede og de regningsmæssige excentricitetsintervaller. Trykbuen skal ramme inden for de regningsmæssige intervaller.

For Navier-beregningens vedkommende er excentriciteten i top placeret til ugunst i $1/6$ af det regningsmæssige excentricitetsinterval.

Laster er markeret med sorte pile, reaktioner med blå. Alle breddemål er forstørret 5 gange i forhold til højdemål.

Yderligere informationer findes i "Generelle forudsætninger" og "Delresultater" i resultatrapporten.

Beregningen har givet følgende resultat:
Bæreevnen er tilstrækkelig.

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Århus C

Sagsansvarlig: pdc
Dato: 03-11-2014
Tid: 08:25

Projekt navn: EC6design.com - Ver
7.03
Komponent: Minimal lodret last O-
profil

Sagsnummer: 1355724-03
Modul: Lodret belastet muret væg / EC6design
v.7.02

Specifikke forudsætninger

Regningsmæssige dimensioner

Længde = 0,348 m Tykkelse = 344 mm Højde = 5,500 m
Tykkelse af formur = 0 mm
(tykkelse=0 betyder ingen formur)

Understøtningsforhold

Antal understøtninger = 2 $\rho_2 = 1,00$

Karakteristiske materialeparametre

Trykstyrke = 5,00 MPa Bøjningstrækstyrke = 0,25 MPa
E-modul = 3000 MPa E-modul evt. formur = 3000 MPa
Densitet = 1800 kg/m³ Konsekvensklasse = Normal Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig last på bærende væg alene

Lodret last = 57,5 kN/m Tværlast (vindlast) = 2,90 kN/m² (positiv mod venstre)
Excentricitetsintervaller inden korrektion med værdien e_{init} . Positiv mod højre:
Top: fra 57 til 172 mm; Bund: fra -172 til 172 mm

Delresultater

Geometriske forhold

Areal = 0,120 m² $\rho_3 = 0,30$ $\rho_4 = 0,03$
Eff. højde = 5500 mm Eff. tykkelse = 344 mm Slankhedsforhold = 16,0
Initialexcentricitet $e_{init} = 12$ mm Krybningsexcentricitet $e_k = 6$ mm

<i>Materialeparametre</i>	Karakt. værdi	Partialkoeff	Regn.mæss. værdi
Trykstyrke	$f_k = 5,00$ MPa	1,60	$f_d = 3,12$ MPa
Bøjningstrækstyrke	$f_{xk1} = 0,25$ MPa	1,70	$f_{xd1} = 0,15$ MPa
E-modul	$E_{0k} = 3000$ MPa	1,60	$E_{0d} = 1875$ MPa
Specifik tyngde			0,00001765 N/mm ³

Bæreevneforhold

	top	midt	bund
Regningsmæssig normalkraft, N_{Ed}	57,5 N/mm	74,2 N/mm	90,9 N/mm
Minimal trykzonebredde, N_{Ed} / f_{cd}	18 mm	24 mm	29 mm

EN 1996 - 1 - 1 - beregning

Trykbuens excentricitet	78 mm	89 mm	-145 mm
Væggens udbøjning, e_5	-	-18 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	78 mm	107 mm	145 mm
(i midten mindst $1/20 \times$ vægtykkelsen)			
Reduktionsfaktor Φ (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.4) og (G.1))	0,54	0,10	0,16
Regn.mæss. bæreevne N_{Rd} (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.2))	584,9 N/mm	109,1 N/mm	167,3 N/mm
Udnyttelsesgrad N_{Ed} / N_{Rd}	10 %	68 %	54 %

Navier-beregning

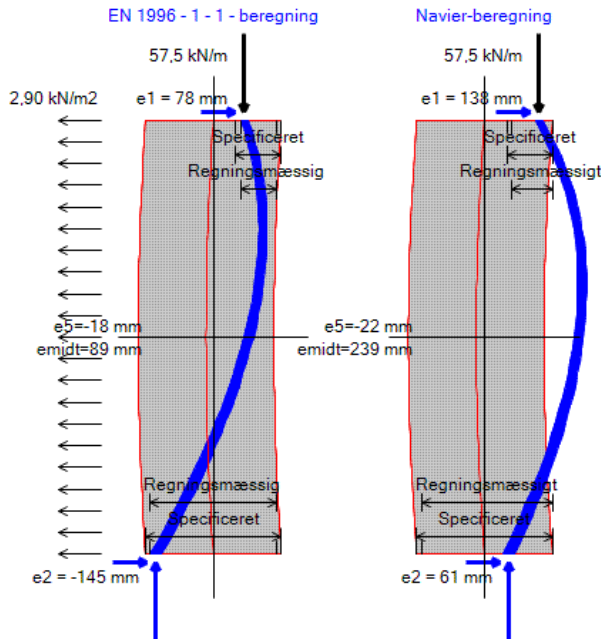
Trykbuens excentricitet	138 mm	239 mm	61 mm
Væggens udbøjning, e_5	-	-22 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	138 mm	260 mm	61 mm
1. ordens moment $M_0 = N_{Ed} \times e$		18623 Nmm/mm	
Eulerlast N_{cr}		2075,2 N/mm	
Momentforøgelsesfaktor $\alpha = N_{cr} / (N_{cr} - N_{Ed})$		1,04	
Resulterende moment $M_{max} = \alpha \times M_0$		19314 Nmm/mm	
Modstandsmoment Z		19723 mm ³ /mm	
Bøjningsspænding $abs(M_{max}) / Z$		0,979 MPa	
Normalspænding $N_{Ed} /$ vægtykkelse		0,216 MPa	
Kanttrækspænding og -styrke		0,764 MPa	0,147 MPa
Kanttrykspænding og -styrke		1,195 MPa	3,125 MPa
Største udnyttelsesgrad = kantspænding / styrke		519 %	

Resultat

Dimensionsgivende udnyttelsesgrader	10 %	68 %	54 %
-------------------------------------	------	------	------

Konklusion

Da alle dimensionsgivende udnyttelsesgrader (top, midt og bund) er $<$ eller $=$ 100 %, er væggens bæreevne tilstrækkelig.



Det grå område er væggen. Det blå område er den smalleste mulige trykbue, symmetrisk om tryklinien og med bredden NEd/fd .

Den krumme røde linie gennem vægtværsnittenes midtpunkter benævnes vægaksen. Den lodrette sorte linie gennem vægaksens skæringspunkter med top- og bundsnittene benævnes systemlinien. Tryklinien er ikke vist, men ligger midt i trykbuen.

For EN 1996 - 1 - 1 - beregningens vedkommende er i top og bund de specificerede og de regningsmæssige excentricitetsintervaller. Trykbuen skal ramme inden for de regningsmæssige intervaller.

For Navier-beregningens vedkommende er excentriciteten i top placeret til ugunst i 1/6 af det regningsmæssige excentricitetsinterval.

Laster er markeret med sorte pile, reaktioner med blå. Alle breddemål er forstørret 5 gange i forhold til højdemål.

Yderligere informationer findes i "Generelle forudsætninger" og "Delresultater" i resultatrapporten.

Beregningen har givet følgende resultat:
Bæreevnen er tilstrækkelig.