

EKSAMEN

Emnekode: IRB22013	Emnenavn: Konstruksjonsteknikk 2
Dato: 23.05.2019 Sensurfrist: 13.06.2019	Eksamenstid: kl. 09.00 – 13.00
Antall oppgavesider (inkludert forside): 5 Antall vedleggsider: 4	Faglærer: Jaran Røsaker (betong) Siri Fause (stål) Karl-Jørgen Kristiansen (tre) (Mobil: 47653988) Oppgaven er kontrollert: Ja
Hjelpemidler: Utdelt kalkulator og egne Eurokoder for betong, stål og tre.	
Om eksamensoppgaven: Dersom du mener det mangler opplysninger: Gjør nødvendige antakelser og begrunn dette i besvarelsen.	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig!	

Oppgave 1 - Betong (30%)

Gitt en rektangulær normalarmert fritt opplagt bjelke med bredde $b = 350\text{mm}$ og høyde $h = 600\text{mm}$. Spennvidden er $l = 8,2\text{ m}$.

Bjelken skal dimensjoneres for en påført dimensjonerende bruddgrenselast $q_{Ed} = 82\text{ kN/m}$.

Forutsett: $M_{Ed} = q_{Ed} \times l^2/8$

$$V_{Ed,red} = q_{Ed} \times l/2 - q_{Ed} \times d$$

Betong:

- B35
- $C_{nom} = 35\text{ mm}$
- Betongtrykksonens kapasitet utnyttes fullt ut.
- $\gamma_c = 1,5$

Armering:

- B500C
- Bøylearmering: $\varnothing 10$
- Trykkarmering: $\varnothing 20$
- Strekkarmering: $\varnothing 25$
- $\gamma_s = 1,15$

- a) Forklar kort hva uttrykket «normalarmert bjelke» betyr.
- b) Bestem betongtrykksonens dimensjonerende momentkapasitet. Vis utregningen. Anta to lag armering på strekksiden og at tyngdepunktet til armeringen ligger midt mellom lagene. Fri avstand vertikalt mellom armeringslag kan settes til 32mm .
- c) Bestem nødvendig armeringsmengde i trykk- og strekksonen. Vis utregningen.
- d) Bestem nødvendig antall trykk- og strekkarmeringsstenger.
- e) Bestem den dimensjonerende, reduserte skjærkraften i bjelken.
- f) Forklar kort hvorfor vi kan bruke den reduserte skjærkraften.
- g) Bestem betongens skjærkapasitet $V_{Rd,c}$ og avgjør om vi trenger skjærarmering. Sett $k_2 = 0,18$. Vis utregningen.
- h) Anta at vi trenger skjærarmering og at vi benytter vertikale skjærbøyler $\varnothing 10\text{mm}$. Bestem den statisk nødvendige senteravstanden på bøylen. Anta $\cot \theta = 1$, $f_{ywd} = 435\text{ N/mm}^2$ og $z = 0,9d$.

Oppgave 2 - Betong (20%)

Gitt en armert betongsøyle som er leddlagret og sideveis fastholdt i begge ender.

Søylen har kvadratisk tverrsnitt og er belastet med en jevnt fordelt tverrlast (vind) og en aksialkraft.

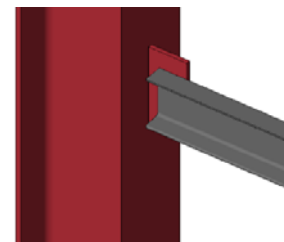
For løsning av oppgavene gjelder følgende forutsetninger:

- betong: B35
- betongtverrsnitt: $b \cdot h = 325 \text{ mm} \cdot 325 \text{ mm}$
- søylens effektivt lengde: $l_0 = 3,8 \text{ m}$
- treghetsradius for urisset betongtverrsnitt: $i = \frac{h}{\sqrt{12}}$
- armering: $B500NC, 4\phi 25 = A_s = 1964 \text{ mm}^2$
- armeringsplassering: $h' = 0,8 \cdot h$
- effektivt kryptall: $\varphi_{ef} = 0,85$
- dimensjonerende aksialkraft: $N_{Ed} = 2800 \text{ kN}$

- a) Forklar hva som menes med første og andre ordens lastvirkninger.
- b) Forklar hvorfor kryp gir tilleggsmomenter i en søyle med tverrlast.
- c) Bestem om andre ordens beregning kreves gjennomført for søylen. (gjør en slankhetsvurdering) Bruk $k_a = 1,0$. Vis utregningen.
- d) Bestem 2. ordens tilleggsmoment i søylen. Vis utregningen. Anta $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$, $K_r = 0,069$ og $K_\varphi = 1,22$.

Oppgave 3 - Stål (15%)

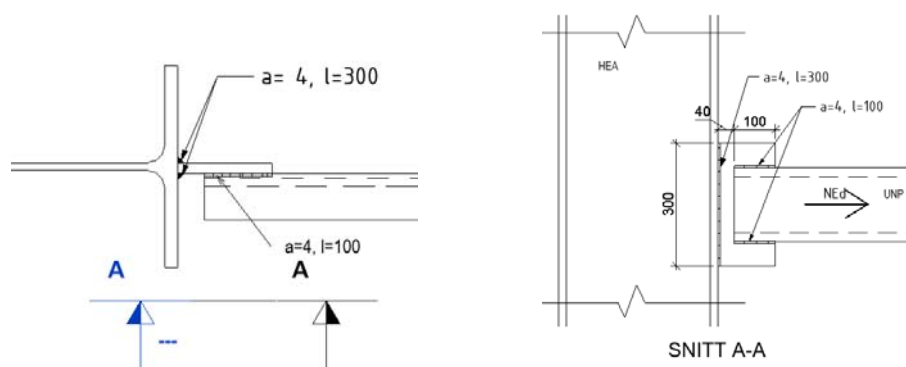
Gitt en forbindelse med et horisontal U-profil festet til en søyle (H-profil) via en stålplate. Forbindelsen utføres med vertikale kilsveiser på to sider mellom stålplate og søyle og horisontale kilsveiser på to sider mellom U-profil og stålplate. U-profilet er påført en strekklast N_{Ed} i bruddgrenstilstanden, Se figur under.



For løsning av oppgavene gjelder følgende forutsetninger:

- Stålkvalitet S355
- a mål = 4 mm
- Lengde av vertikal sveis pr side $l = 300$ mm (2 stk)
- Lengde av horisontal sveis pr side = 100 mm (2 stk)

Benytt NS-EN 1993-1-8 punkt 4.5.3.2 og kontroller kapasitet for både den horisontale sveisen og den vertikale sveisen for lasten N_{Ed} , og bestem forbindelsens maks dimensjonerende kapasitet



Oppgave 4 - Stål (15%)

Gitt en søyle vist på figur som er innspent i bunn og fri i overkant belastet med dimensjonerende vertikal last N_{Ed} .

For løsning av oppgavene gjelder følgende forutsetninger:

- Stålkvalitet S355
- HEA 400
- Søylen lengde $l = 3500$ mm
- Se forøvrig vedlegg stålkonstruksjoner og trekonstruksjoner

Kontroller søylens dimensjonerende kapasitet for lasten N_{Ed} for knekking om sterk og svak akse (hhv y - og z -aksen). Hva søylens kapasitet for lasten N_{Ed} .



Oppgave 5 - Tre (20%)

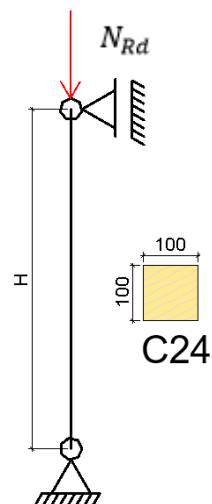
- Bestem klimaklassen for et bærende element innendørs i rom som vanligvis er oppvarmet.
- Bestem k_{mod} for en konstruksjon som bærer egenlast, nyttelast og snølast. Anta klimaklasse 2.
- Bestem dimensjonerende aksialkraft (trykk) N_{Rd} [kN] for en søyle med betingelsene gitt under:
(Se bort ifra egenvekt)

H = 3,0 m

Tverrsnitt: 100x100 mm

$k_{mod} = 0,8$

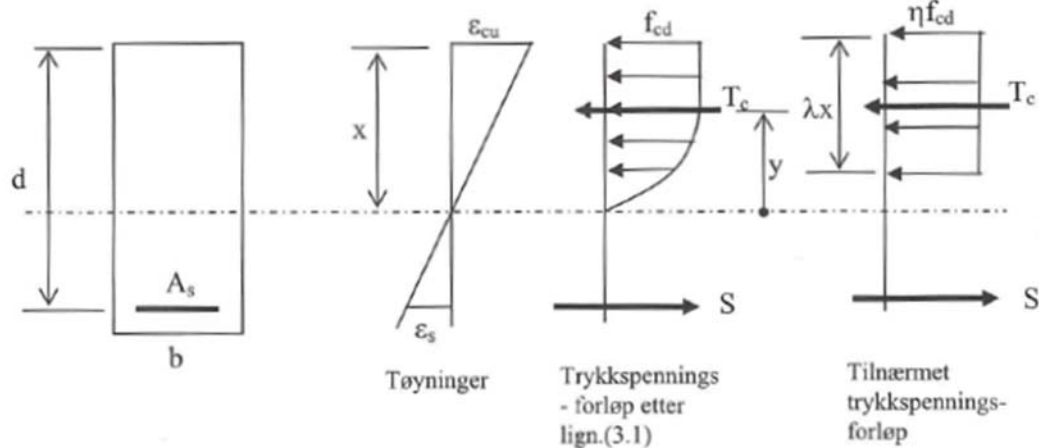
Konstruksjonstre: C24 (Se vedlagt tabell)



Vedlegg Betong (1 side)

For bøyingspåkjent tverrsnitt:

For betongkvaliteter B20 - B45 og armeringskvalitet B500NC:



For normalarmert tverrsnitt dvs $\epsilon_s = 2\epsilon_{yk} = 0,005$:

Betongtrykksone's dimensjonerende momentkapasitet: $M_{Rd} = 0,275 \cdot f_{cd} \cdot b d^2$

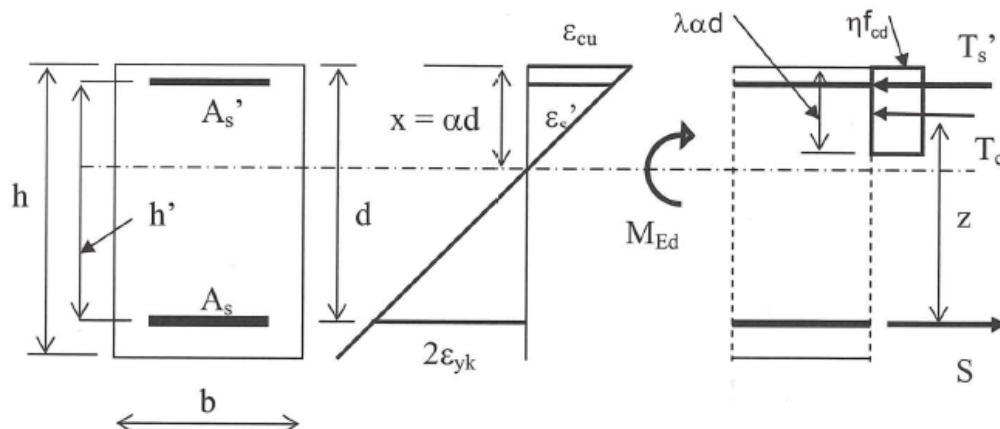
Momentlikevekt om trykkresultanten gir: $M_{Ed} = S \cdot z = f_{yd} A_s \cdot z$

for fullt utnyttet trykksone: $z = 0,835 d$

for delvis utnyttet trykksone: $z = (1 - 0,17 \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}) d$

Når betongens trykkapasitet er overskredet, bestemmes tilleggsarmeringen på trykk- og strekksiden, A_{s2} , med uttrykket:

$\Delta M_{Ed} = f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot h'$ hvor $\Delta M_{Ed} = M_{Ed} - M_{Rd}$ og h' er avstanden mellom armeringen på strekk- og trykksiden.



Vedlegg Tre (2 sider)

Nedbøyning (jevnt fordelt last, q):

$$\delta = \frac{5}{384} * \frac{q * L^4}{EI}$$

Nedbøyning (punktlast, P):

$$\delta = \frac{1}{48} * \frac{P * L^3}{EI}$$

Areal:

$$A = h * b$$

Motstandsmoment:

$$W = \frac{b * h^2}{6}$$

Arealtrehetsmoment:

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

Arealtrehetsradius:

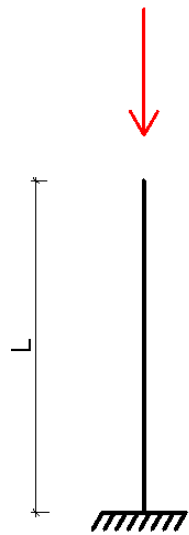
$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

Knekk lengde:

$$l_k$$

Slankhet:

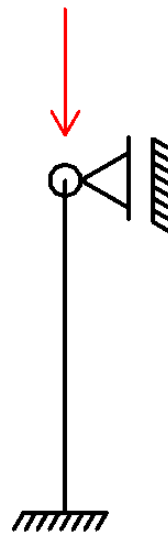
$$\lambda = \frac{l_k}{i}$$



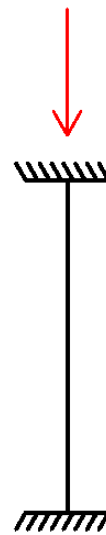
$$l_k = 2L$$



$$l_k = L$$



$$l_k = 0,7L$$



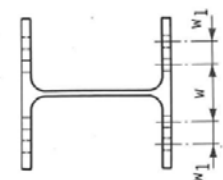
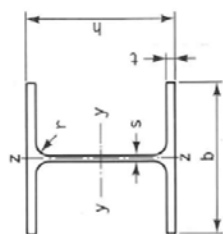
$$l_k = 0,5L$$

Vedlegg Tre (2 sider)

Table 1 — Strength classes for softwood based on edgewise bending tests – strength, stiffness and density values

	Class	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Strength properties in N/mm²													
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tension parallel	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compression parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Shear	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Stiffness properties in kN/mm²													
Mean modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
5 percentile modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Mean shear modulus	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Density in kg/m³													
5 percentile density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Mean density	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520
NOTE 1 Values given above for tension strength, compression strength, shear strength, char. modulus of elasticity in bending, mean modulus of elasticity perpendicular to grain and mean shear modulus have been calculated using the equations given in EN 384.													
NOTE 2 The tension strength values are conservatively estimated since grading is done for bending strength.													
NOTE 3 The tabulated properties are compatible with timber at moisture content consistent with a temperature of 20 °C and a relative humidity of 65 %, which corresponds to a moisture content of 12 % for most species.													
NOTE 4 Characteristic values for shear strength are given for timber without fissures, according to EN 408.													
NOTE 5 These classes may also be used for hardwoods with similar strength and density profiles such as e.g. poplar or chestnut.													
NOTE 6 The edgewise bending strength may also be used in the case of flatwise bending.													

TABELL 1.2 VARMOVÅLSEDE HE-A - BJELKER



Dimensjoner etter NS-EN 10 034
 Materiale etter NS-EN 10 025

Betegnelse f.eks.: Bjelke NS-EN 10 034 HE 360 A
 Stål NS-EN 10 025

HE-A	Dimensjoner (mål i mm)						Masse kg/m	A ·10 ⁻³ mm ²	y - y		z - z		I _T ·10 ⁻³ mm ⁴	S _y ·10 ⁻³ mm ³	C _w ·10 ⁶ mm ⁴	Hullavstand / hulldiam. (i mm)	
	h	b	s	t	r	e			I · 10 ⁻⁶ mm ⁴	W · 10 ⁻³ mm ³	i mm	W · 10 ⁻³ mm ³				i mm	W · 10 ⁻³ mm ³
100	96	100	5	8	12	16,7	2,12	3,49	72,8	40,6	1,34	26,8	52,6	41,5	2,581	56	13
120	114	120	5	8	12	19,9	2,53	6,06	106	48,9	2,31	38,5	60,2	59,7	6,472	66	17
140	133	140	5,5	8,5	12	24,7	3,14	10,3	155	57,3	3,89	55,6	81,6	86,7	15,06	76	21
160	152	160	6	9	15	30,4	3,88	16,7	220	65,7	6,16	76,9	123	123	31,41	86	23
180	171	180	6	9,5	15	35,5	4,53	25,1	294	74,5	9,25	103	149	162	60,21	100	25
200	190	200	6,5	10	18	42,3	5,38	36,9	389	82,8	13,4	134	211	215	108,0	110	25
220	210	220	7	11	18	50,5	6,43	54,1	515	91,7	19,5	178	286	284	193,3	120	25
240	230	240	7,5	12	21	60,3	7,68	77,6	675	101	27,7	231	417	372	328,5	94	35
260	250	260	7,5	12,5	24	68,2	8,68	104,5	836	110	36,7	282	526	460	516,4	100	40
280	270	280	8	13	24	76,4	9,73	136,7	1070	119	47,6	340	624	556	785,4	110	45
300	290	300	8,5	14	27	88,3	11,2	182,6	1260	127	63,1	421	856	692	1200	120	45
320	310	300	9	15,5	27	97,6	12,4	229,3	1480	136	69,9	466	1080	814	1512	120	45
340	330	300	9,5	16,5	27	105	13,3	276,9	1680	144	74,4	496	1280	925	1824	120	45
360	350	300	10	17,5	27	112	14,3	330,9	1890	152	78,9	526	1490	1040	2177	120	45
400	390	300	11	19	27	125	15,9	450,7	2310	168	85,6	571	1900	1280	2942	120	45
450	440	300	11,5	21	27	140	17,8	637,2	2900	189	94,7	631	2450	1610	4148	120	45
500	490	300	12	23	27	155	19,8	869,7	3550	210	103,7	691	3100	1970	5643	120	45
550	540	300	12,5	24	27	166	21,2	1119	4150	230	108,2	721	3530	2310	7189	120	45
600	590	300	13	25	27	178	22,6	1412	4790	250	112,7	751	3990	2680	8978	120	45
650	640	300	13,5	26	27	190	24,2	1752	5470	269	117,2	782	4500	3070	11027	120	45
700	690	300	14,5	27	27	204	26,0	2153	6240	288	121,8	812	5150	3520	13352	120	45
800	790	300	15	28	30	224	28,6	3034	7680	326	126,4	843	5990	4350	18290	130	40
900	890	300	16	30	30	252	32,0	4221	9480	363	135,5	903	7390	5410	24962	130	40
1000	990	300	16,5	31	30	272	34,7	5538	11190	400	140,0	934	8250	6410	32074	130	40