

Nyt generaliseret beregningsmodul efter EC2 til vægge, søjler og bjælker. Juni 2012.

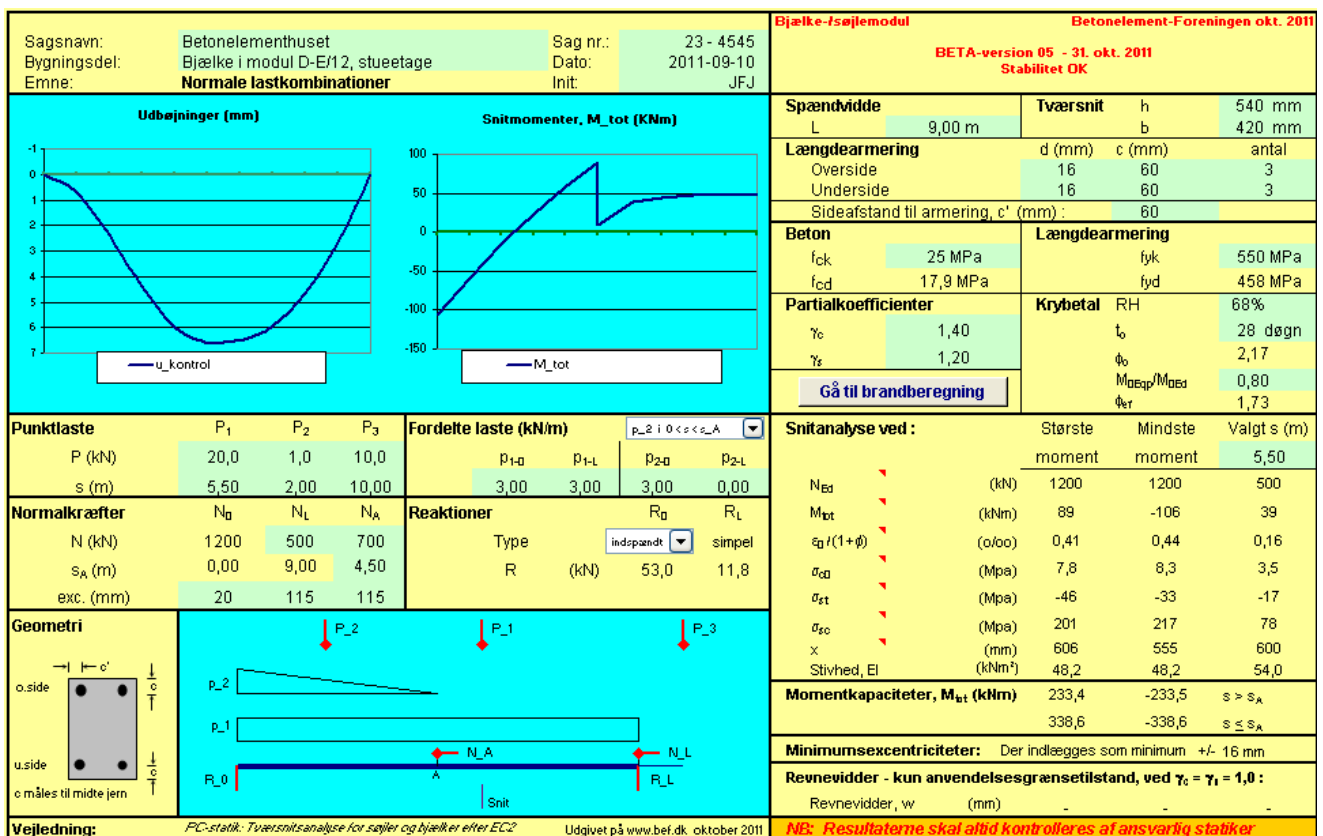
Betonelement-Foreningen tilbyder nu på hjemmesiden et nyt beregningsmodul til fri afbenyttelse. Modulet er et effektivt supplement til de fra hjemmesiden velkendte beregningsmoduler til beregning af Vægelementer, Søjlelementer og Bjælkeelementer.

Med det nye modul kan den projekterende håndtere komplekse lastvirkninger på ovennævnte elementtyper i både kold tilstand og i brandtilfældet:

- Der kan indlægges op til tre tværgående punktlaster, P, med brugerdefineret placering givet ved s, der måles fra venstre side. Med $s > L$ regnes punktlasten virkende på en udkræning i højre side.
- Der kan indlægges to trapez-fordelte laster, p, hvoraf udstrækningen af den ene kan varieres.
- Der kan indlægges to excentriske normalkræfter, hvoraf den ene angriber ved elementende, og den andens placering mellem understøtningerne defineres af brugeren.

Endvidere kan brugeren definere en indspænding ved elementets ene understøtning.

Som for de øvrige beregningsmoduler er brugerfladen og udskriften én og samme skabelon, og ser på skærmen således ud for programmet indstillet til kold tilstand:



Beregningsmodulet er udarbejdet af ALECTIA A/S, og er designet af forfatteren til Betonelementhåndbøgerne, Jesper Frøbert Jensen.

Teoretisk metode

Modulets beregningsrutiner er baseret på de generelle materialemodeller fra EC2 for både kold og varm tilstand. For betonen anvendes således den ulineære arbejdslinje fra EC2.

På basis af de brugerdefinerede geometri-, materiale- og lastoplysninger skønner beregningsmodulet i en iterativ proces elementets udbøjningskurve via gentagne tværsnitsanalyser i en række snit indlagt mellem

elementets understøtninger. Der igennem tages hensyn til andenordens effekterne af normalkræfternes virkning. Ved kontrol af overensstemmelse mellem beregningsmodulets interne, sidst skønnede udbøjningskurve og den endeligt beregnede udbøjningskurve fastslår modulet, om konstruktionen er stabil. Når konstruktionen er stabil oplyser beregningsmodulet de væsentligste parametre fra tværsnitsanalysen i tre udvalgte snit, hvoraf brugeren selv definerer det ene.

I brandtilfældet anvendes standardbrandkurven og zonemetoden som beskrevet i det nationale annekst til EC2. Termiske tøjninger i betonen regnes transiente og regnes fuldt neutraliserede ved kanttrykspændinger $\sigma_{c,kant} \geq f_{ck}/2,35$ svarende til modellen præsenteret i DS 411:1999.

Bemærk, at i forhold til de specialiserede beregningsmoduler til Vægelementer, Søjlelementer og Bjælkeelementer håndterer dette beregningsmodul ét lasttilfælde ad gangen. Det er således brugerens opgave at sikre gennemregning af alle relevante lasttilfælde ved dimensionering af et element.

Ansvarsforhold

NB: Resultaterne af beregningsmodulet skal ALTID efterkontrolleres af køber/bruger ! Betonelement-Foreningen og de øvrige ophavsmænd påtager sig INTET ANSVAR for fejl og mangler ved beregningsmodulernes informationsindhold mv. eller for svigt ved - eller tab som følge af - produkter fremstillet under anvendelse heraf.

Beregningsmodulets anvendelse

Beregningsmodulet er udarbejdet i Excel 2003 fra Microsoft. Når modulet er downloadet, kan brugeren uden videre gemme det som enhver anden fil på sin PC'er eller server. Dermed kan brugeren uden problemer gemme hele serier af beslægtede beregninger sammen, og holde flere beregninger af samme type åbne samtidig.

Brugerfladen er i princippet almindelige regneark, hvor kun celler, der af brugeren skal anvendes til inddata, er ulåste. Disse celler fremtræder på skærmen i en lys, grøn farve. En del af cellerne er forsynet med forklarende noter, der bringes frem på skærmen ved at føre musens markør hen over de små røde trekantede. Udskrivning sker som normalt fra Excel.

Udskrifter ser ud som skærbillederne, blot uden farver og uden kommandoknapper. Modulerne er indstillet, så der udskrives i liggende A4-format. Det er tilstræbt at forsyne udskrifterne med tilstrækkelige oplysninger til at brugeren enkelt kan kontrollere resultaterne.

Beregningsmodulet leverer basalt set alene resultater for tværsnitsanalyser. For at holde brugerfladen overskuelig, og da reglerne forskydning i bjælker, vægge og søjler ikke er ens, er håndtering heraf ikke en del af resultaterne; men er brugerens egen opgave. Det samme gælder forhold vedrørende minimums- og maksimumsarmering.

Disse valg er truffet i lyset af, at beregningsmodulet er tænkt til anvendelse i specialtilfælde, der ikke umiddelbart dækkes af de mere målrettede moduler (Vægelementer, Søjlelementer og Bjælkeelementer), og at den type specialtilfælde under alle omstændigheder forventes varetaget af en habil statiker, som ikke vil se problemer heri.

Særligt om brandpåvirkede vægge og søjler

Brandpåvirkede vægge og søjler bør altid kontrolleres for enhver mulig udbøjningsretning. Det skyldes, at de termisk betingede udbøjninger ofte resulterer i situationer, hvor den farligste udbøjningsretning ikke er den samme som forventet ud fra sædvanlige statiske betragtninger i kold tilstand. For enhver mulig

udbøjningsretning er man derfor nødt til at gennemføre en beregning svarende til farligst mulige opstilling af lasterne svarende til den pågældende udbøjningsretning.

Yderligere skal det sikres, at termiske deformationer aldrig regnes til gunst for konstruktionen. Til sikring heraf er der i brandmodulet indlagt en facilitet, så brugeren kan undertrykke termiske deformationer på elementets ”over”- eller ”under”-side.

Eksempelvis vil den farligste udbøjning for en facadebagvæg i kold tilstand almindeligvis være rettet ud af bygningen, svarende til vindsug på facaden i kombination med maksimal last fra dækket over etagen, der ligesom vindsuget svarer til at væggens indvendige side er trykzone. I brandtilfældet kan de termiske deformationer medføre, at væggen krummer indad. Dermed kan farligste situation svare til enten, at et brud svarende til at væggens yderside er trykzone bliver farligere, eller at de termiske tøjninger ikke udvikles så bruddet i brandtilfældet svarer til bruddet i kold tilstand med med brandsvækket trykzone på indersiden. Derfor skal der for brand på denne facadevæg gennemføres en eftervisning af bæreevnen svarende til både:

- Laster og excentriciteter opstillet svarende til maksimale snitkræfter drivende en udadrettet udbøjning i kombination med brand på væggens trykside, og uden indregning af termiske tøjninger på tryksiden.
- Laster og excentriciteter opstillet svarende til maksimale snitkræfter drivende en indadrettet udbøjning i kombination med brand på væggen trækside, og med indregning af termiske tøjninger på træksiden.

I det nye modul kan ret enkelt skiftes fra a. til b., idet både excentriciteter og tværlaster kan vende fortegn.

I det generelle tilfælde kan det ikke defineres, hvorvidt termiske tøjninger virker til gunst eller ugunst. Det tilrådes derfor altid at udskrive resultaterne af beregningerne svarende til både ”Fuld termisk krumning” og med de termiske tøjninger undertrykt på over- og/eller underside af elementet.

Ved nedenstående kopi af skærmbilledet svarende til brandtilfældet markerer den røde pil den åbnede liste med brugerens muligheder for at styre/undertrykke termiske tøjninger ved den givne brandpåvirkning.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Bjælke i modul D-E/12, stueetage Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-09-10 Init: JFJ		Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK	
		Spændvidde L: 9,00 m		Tværsnit h: 540 mm b: 420 mm	
Længdearmring Overside: d (mm) 16, c (mm) 60, antal 3 Underside: d (mm) 16, c (mm) 60, antal 3 Sideafstand til armring, c' (mm): 60		Beton f _{ck} : 25 MPa f _{cd} : 25,0 MPa		Armering fyk: 550 MPa f _{c,yd} : 449 MPa f _{t,yd} : 449 MPa	
Partialkoefficienter γ _c : 1,00 γ _s : 1,00		Eksponerede overflader Overside: Js Underside: Js Sider: To sider		Gå til kold beregning	
Punktlaste P ₁ : 15,0 kN P ₂ : 1,0 kN P ₃ : 10,0 kN s (m): 5,50, 2,00, 10,00		Fordelte laste (kN/m) p ₂₋₀ : 2,00, p ₂₋₁ : 2,00, p ₂₋₂ : 3,00, p ₂₋₃ : 0,00		Snitanalyse ved: N _{Ed} (kN): 350, 850, 350 M _{Ed} (kNm): 32, -196, 7 e _p / (1+φ): 0,29, 1,57, 0,18 σ _{ed} (MPa): 4,4, 21,0, 2,7 σ _{st} (MPa): 0, 275, -21 σ _{sc} (MPa): 55, 284, 34 x (mm): 437, 228, 1138	
Normalkræfter N ₀ : 850 kN N _L : 350 kN N _A : 500 kN s _A (m): 0,00, 9,00, 4,50 exc. (mm): 20, 115, 115		Reaktioner R ₀ : 36,1 kN R _L : 14,7 kN Type: indspændt, simpel R (kN): 36,1, 14,7 Overfør laster fra kold tilstand		Ingen termisk udvidelse på overside Fuld termisk krumning Ingen termisk udvidelse på overside Ingen termisk udvidelse på underside Ingen termisk udvidelse på underside	
Geometri o.side u.side c måles til midte jern				Brandtid: 120 min Tilfølg: Søsned / gnoist Stålk: Brøtkelet Randzone, a: 45 mm	
Vejdning:		FC-statik: Tværsnitanalyse for søjler og bjælker efter EC2 Udgivet på www.bef.dk oktober 2011		NB: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker	

Eksempel

I det følgende demonstreres beregningsmodulets brug til belysning af de termiske tøjningers indflydelse, hvis de tillades regnet til gunst ved analyse af en facadevæg med brand på indersiden samtidig med statiske laster, der virker drivende for en udadrettet deformation. I eksemplet repræsenterer "Overside" facadevæggens inderside.

Der betragtes en 1,0 m bred sektion af væggen, der er 3,6 m høj ($L = 3,6$ m). Vægsektionen har følgende tværsnitsdata:

Vægtykkelse:	$h = 180$ mm
Bredde:	$b = 1000$ mm
Lodret armering:	Y8/150 i begge sider
Armeringens centerafstand:	$c = 40$ mm
Betonstyrke:	$f_{ck} = 35$ MPa
Armeringsstyrke:	$f_{yk} = 550$ MPa

Normalkraften på den 1,0 m brede vægsektion er $N = 700$ kN virkende med en excentricitet på +10 mm. Den jævnt fordelte last, p_1 , varierer gennem eksemplet.

Væggen regnes udsat for en 120 minutters standardbrand virken på indersiden (= "Overside").

Trin 1

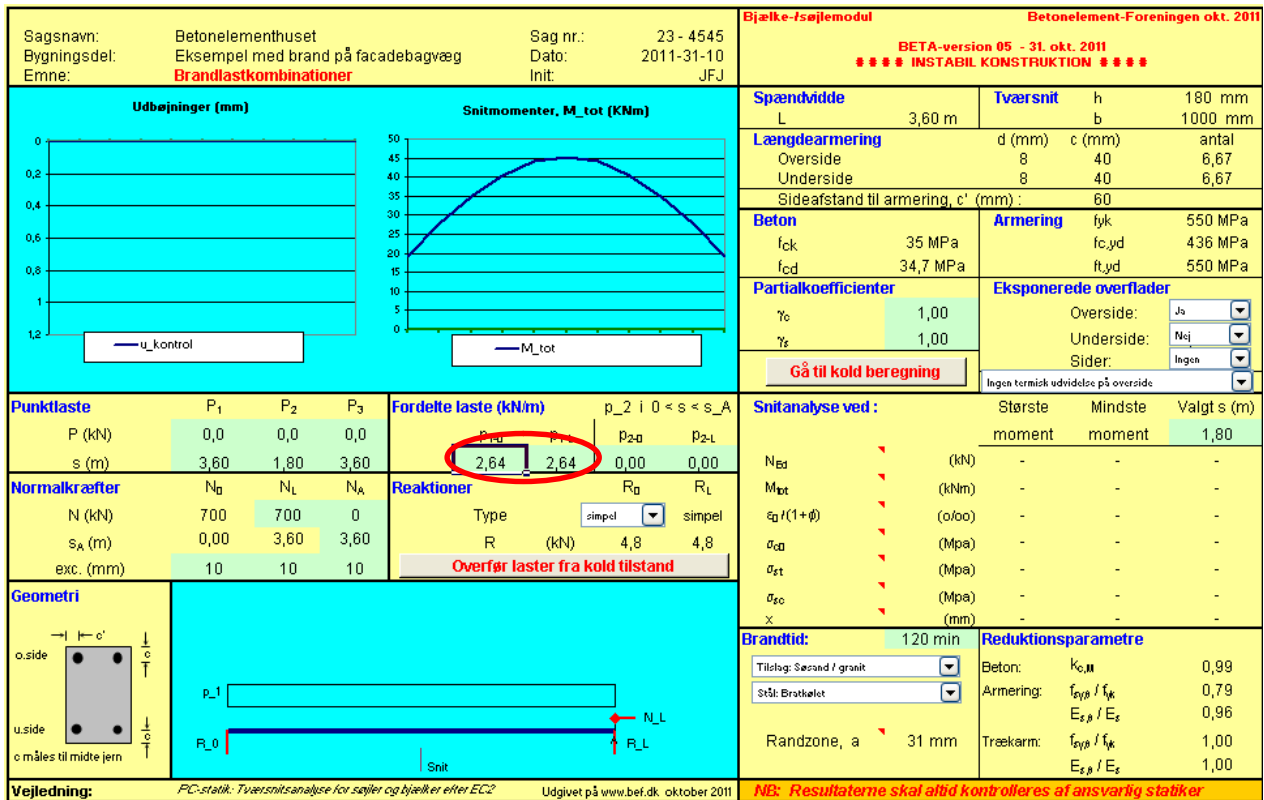
Væggens inderside er eksponeret for brand; men de termiske tøjninger på indersiden er undertrykt.

Der påsættes en tværlast, $p_1 = + 2,63$ kN/m. Væggen får nu en 32 mm udadrettet udbøjning, som det fremgår af nedenstående skærmbillede:

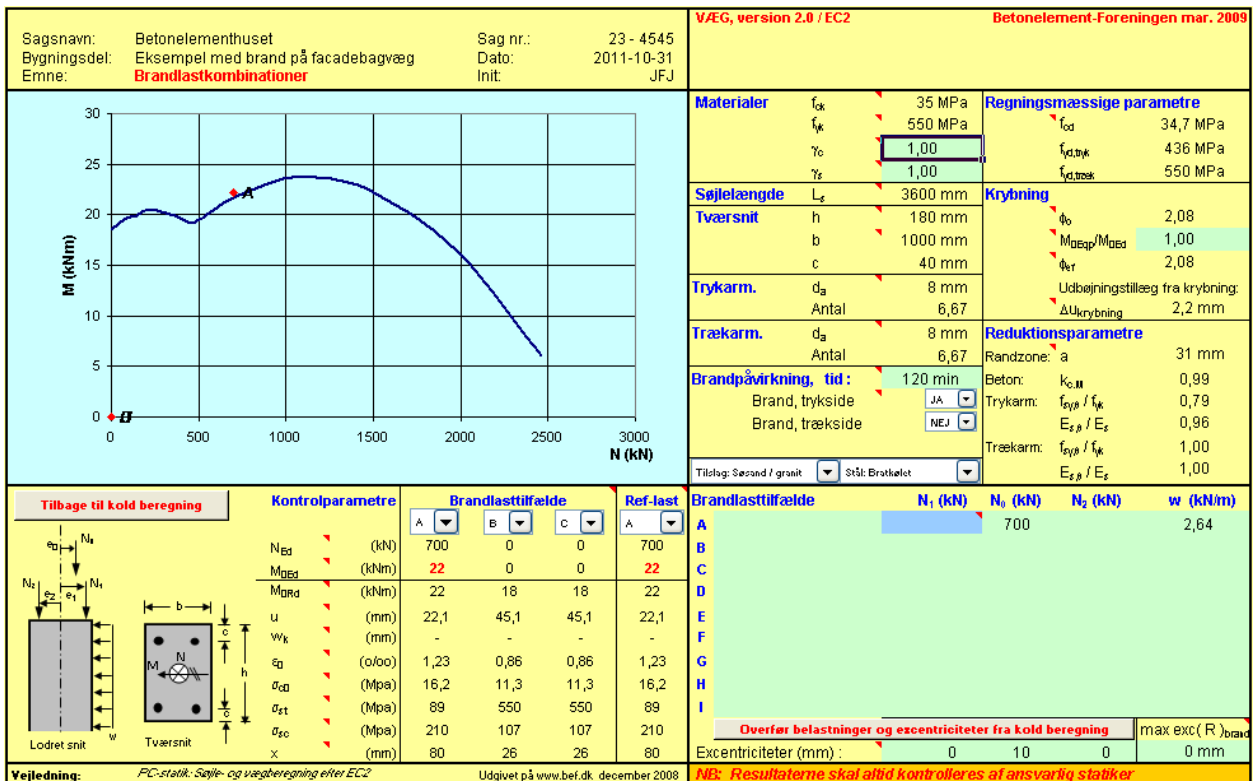
Sagsnavn: Betonelementhuset			Sag nr.: 23-4545			Bjælke-søjlemodul			Betonelement-Foreningen okt. 2011		
Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg			Dato: 2011-31-10			BETA-version 05 - 31. okt. 2011			Stabilitet OK		
Emne: Brandlastkombinationer			Init: JFJ								
						Spændvidde L 3,60 m			Tværsnit h 180 mm b 1000 mm		
						Længdearmering Overside d (mm) 8 c (mm) 40 antal 6,67 Underside d (mm) 8 c (mm) 40 antal 6,67 Sideafstand til armering, c' (mm): 60					
						Beton f_{ck} 35 MPa f_{cd} 34,7 MPa			Armering fyk 550 MPa fc,yd 436 MPa ft,yd 550 MPa		
						Partialkoefficienter γ_o 1,00 γ_s 1,00			Eksponerede overflader Overside: Ja Underside: Nej Sider: Ingen		
						<input type="button" value="Gå til kold beregning"/>			Ingen termisk udvidelse på overside		
Punktlaste P (kN) P ₁ P ₂ P ₃ s (m) 3,60 1,80 3,60			Fordelte laste (kN/m) p ₂ i 0 < s < s_A p ₁ 2,63 2,63 p ₂ 0,00 p ₂ 0,00			Snitanalyse ved: Største moment 1,80 Mindste moment Valgt s (m) 1,80			N_{Ed} (kN) 700 700 700 M_{tot} (kNm) 45 19 43 ϵ_{sp} (‰) 1,64 0,67 1,54 σ_{sd} (Mpa) 21,1 8,9 20,0 σ_{st} (Mpa) 233 -33 195 σ_{sc} (Mpa) 271 122 257 x (mm) 64 145 67		
Normalkræfter N ₀ N _L N _A N (kN) 700 700 0 s _A (m) 0,00 3,60 3,60 exc. (mm) 10 10 10			Reaktioner R ₀ R _L Type simpel simpel R (kN) 4,7 4,7 Overfør laster fra kold tilstand			Brandtid: 120 min Tilfølg: Sæson / granit Stål: Bratkelet Randzone, a 31 mm			Reduktionsparametre Beton: $k_{c,t}$ 0,99 Armering: $f_{yk,sp} / f_{yk}$ 0,79 $E_{s,sp} / E_s$ 0,96 Trækarm: $f_{yk,sp} / f_{yk}$ 1,00 $E_{s,sp} / E_s$ 1,00		
Geometri o.side u.side c måles til midte jern											
Vejledning:			FC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2			Udgivet på www.bef.dk oktober 2011			NE: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker		

Trin 2

Tværlasten øges til $p_1 = +2,64 \text{ kN/m}$, og væggen bliver nu ustabil:



Dette er i god overensstemmelse med resultat af tilsvarende beregning med BEF's Vægmodul, hvor termiske tøjninger i væggens trykside altid undertrykkes, da de virker til gunst ved bæreevneberegningen:



Trin 3

I den nye beregningsmodul tillades nu fuld udvikling af termiske tøjninger. Væggen viser sig nu stabil for lasten fra Trin 2. Bemærk at udbøjningen nu er ca. 55 mm indadgående, p.g.a. de termiske tøjninger:

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer			Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ			Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK		
			Spændvidde L 3,60 m			Tværsnit h 180 mm b 1000 mm		
Punktlaste P ₁ 0,0 P ₂ 0,0 P ₃ 0,0 s (m) 3,60 1,80 3,60			Fordelte laste (kN/m) p ₁₋₀ 2,64 p _{1-L} 2,64 p ₂₋₀ 0,00 p _{2-L} 0,00			Længdearmring Overside d (mm) 8 c (mm) 40 antal 6,67 Underside 8 40 6,67 Sideafstand til armering, c' (mm) : 60		
Normalkræfter N ₀ 700 N _L 700 N _A 0 s _A (m) 0,00 3,60 3,60 exc. (mm) 10 10 10			Reaktioner R ₀ 4,8 R _L 4,8 Type simpel simpel R (kN) 4,8 4,8 Overfør laster fra kold tilstand			Beton f _{ck} 35 MPa f _{cd} 34,7 MPa Armering fyk 550 MPa f _{c,yd} 436 MPa ft,yd 550 MPa		
Geometri o.side u.side c måles til midte jern						Partialkoefficienter γ _c 1,00 γ _s 1,00 Eksponerede overflader Overside: Ja Underside: Nej Sider: Ingen		
Vejledning: PC-statik: Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2 Udgivet på www.bef.dk oktober 2011			Snitanalyse ved: Største moment 1,80 m Mindste moment 1,80 m Valgt s (m) 1,80 N _{ed} (kN) 700 700 700 M _{bt} (kNm) 19 -15 -15 e _d /(1+φ) (o/oo) 0,67 0,62 0,62 σ _{ed} (Mpa) 8,9 8,2 8,2 σ _{st} (Mpa) -33 -16 -17 σ _{sc} (Mpa) 122 93 93 x (mm) 145 162 163			Brandtid: 120 min Tilfølg: Sørand / grønt Stål: Brøstketlet Randzone, a 31 mm Reduktionsparametre Beton: k _{c,M} 0,99 Armering: f _{ty0} / f _{yk} 0,79 E _{s0} / E _s 0,96 Trækarm: f _{ty0} / f _{yk} 1,00 E _{s0} / E _s 1,00		
NB: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker								

Trin 4

Tværlasten øges til p₁ = + 5,00 kN/m, og de indadgående udbøjninger er næsten neutraliseret.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer			Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ			Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK		
			Spændvidde L 3,60 m			Tværsnit h 180 mm b 1000 mm		
Punktlaste P ₁ 0,0 P ₂ 0,0 P ₃ 0,0 s (m) 3,60 1,80 3,60			Fordelte laste (kN/m) p ₁₋₀ 5,00 p _{1-L} 5,00 p ₂₋₀ 0,00 p _{2-L} 0,00			Længdearmring Overside d (mm) 8 c (mm) 40 antal 6,67 Underside 8 40 6,67 Sideafstand til armering, c' (mm) : 60		
Normalkræfter N ₀ 700 N _L 700 N _A 0 s _A (m) 0,00 3,60 3,60 exc. (mm) 10 10 10			Reaktioner R ₀ 9,0 R _L 9,0 Type simpel simpel R (kN) 9,0 9,0 Overfør laster fra kold tilstand			Beton f _{ck} 35 MPa f _{cd} 34,7 MPa Armering fyk 550 MPa f _{c,yd} 436 MPa ft,yd 550 MPa		
Geometri o.side u.side c måles til midte jern						Partialkoefficienter γ _c 1,00 γ _s 1,00 Eksponerede overflader Overside: Ja Underside: Nej Sider: Ingen		
Vejledning: PC-statik: Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2 Udgivet på www.bef.dk oktober 2011			Snitanalyse ved: Største moment 1,80 m Mindste moment 1,80 m Valgt s (m) 1,80 N _{ed} (kN) 700 700 700 M _{bt} (kNm) 26 20 27 e _d /(1+φ) (o/oo) 0,82 0,68 0,87 σ _{ed} (Mpa) 11,0 9,1 11,5 σ _{st} (Mpa) -12 -32 -5 σ _{sc} (Mpa) 147 123 154 x (mm) 118 143 112			Brandtid: 120 min Tilfølg: Sørand / grønt Stål: Brøstketlet Randzone, a 31 mm Reduktionsparametre Beton: k _{c,M} 0,99 Armering: f _{ty0} / f _{yk} 0,79 E _{s0} / E _s 0,96 Trækarm: f _{ty0} / f _{yk} 1,00 E _{s0} / E _s 1,00		
NB: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker								

Trin 5

Tværlasten øges forsigtigt til $p_1 = + 5,03 \text{ kN/m}$, og begyndende ”gennemslag” udvikles:

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-Isøjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK																											
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L 3,60 m Tværsnit h 180 mm, b 1000 mm																											
Punktlaste <table border="1"> <tr><th>P₁</th><th>P₂</th><th>P₃</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> </table>		P ₁	P ₂	P ₃	0,0	0,0	0,0	Fordelte laste (kN/m) <table border="1"> <tr><th>p₁</th><th>p₂</th><th>p_{2,0}</th><th>p_{2,L}</th></tr> <tr><td>5,03</td><td>5,03</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </table>		p ₁	p ₂	p _{2,0}	p _{2,L}	5,03	5,03	0,00	0,00	Længdearmering <table border="1"> <tr><th>Side</th><th>d (mm)</th><th>c (mm)</th><th>antal</th></tr> <tr><td>Overside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>Underside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> </table> Sideafstand til armering, c' (mm): 60		Side	d (mm)	c (mm)	antal	Overside	8	40	6,67	Underside	8	40	6,67
P ₁	P ₂	P ₃																													
0,0	0,0	0,0																													
p ₁	p ₂	p _{2,0}	p _{2,L}																												
5,03	5,03	0,00	0,00																												
Side	d (mm)	c (mm)	antal																												
Overside	8	40	6,67																												
Underside	8	40	6,67																												
Normalkræfter <table border="1"> <tr><th>N₀</th><th>N_L</th><th>N_A</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>0</td></tr> </table>		N ₀	N _L	N _A	700	700	0	Reaktioner <table border="1"> <tr><th>R₀</th><th>R_L</th></tr> <tr><td>9,1</td><td>9,1</td></tr> </table> Type: simpel		R ₀	R _L	9,1	9,1	Beton <table border="1"> <tr><th>f_{ck}</th><th>f_{cd}</th></tr> <tr><td>35 MPa</td><td>34,7 MPa</td></tr> </table>		f _{ck}	f _{cd}	35 MPa	34,7 MPa												
N ₀	N _L	N _A																													
700	700	0																													
R ₀	R _L																														
9,1	9,1																														
f _{ck}	f _{cd}																														
35 MPa	34,7 MPa																														
s _A (m): 0,00, 3,60, 3,60 exc. (mm): 10, 10, 10		Partialkoefficienter <table border="1"> <tr><th>γ_c</th><th>γ_s</th></tr> <tr><td>1,00</td><td>1,00</td></tr> </table>		γ _c	γ _s	1,00	1,00	Armering <table border="1"> <tr><th>fyk</th><th>fyd</th><th>ft,yd</th></tr> <tr><td>550 MPa</td><td>436 MPa</td><td>550 MPa</td></tr> </table>		fyk	fyd	ft,yd	550 MPa	436 MPa	550 MPa																
γ _c	γ _s																														
1,00	1,00																														
fyk	fyd	ft,yd																													
550 MPa	436 MPa	550 MPa																													
Geometri 		Snitanalyse ved: <table border="1"> <tr><th>Største moment</th><th>Mindste moment</th><th>Valgt s (m)</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>1,80</td></tr> </table>		Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)	700	700	1,80	Eksponerede overflader <table border="1"> <tr><th>Overside:</th><th>Underside:</th><th>Sider:</th></tr> <tr><td>Ja</td><td>Nej</td><td>Ingen</td></tr> </table>		Overside:	Underside:	Sider:	Ja	Nej	Ingen														
Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)																													
700	700	1,80																													
Overside:	Underside:	Sider:																													
Ja	Nej	Ingen																													
Vejledning: FC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2		Udgiven på www.bef.dk oktober 2011		NB: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker																											

Trin 6

Ved tværlasten $p_1 = + 5,13 \text{ kN/m}$, er fuldt gennemslag udviklet, og væggen er ustabil.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-Isøjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 ***** INSTABIL KONSTRUKTION *****																											
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L 3,60 m Tværsnit h 180 mm, b 1000 mm																											
Punktlaste <table border="1"> <tr><th>P₁</th><th>P₂</th><th>P₃</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> </table>		P ₁	P ₂	P ₃	0,0	0,0	0,0	Fordelte laste (kN/m) <table border="1"> <tr><th>p₁</th><th>p₂</th><th>p_{2,0}</th><th>p_{2,L}</th></tr> <tr><td>5,13</td><td>5,13</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </table>		p ₁	p ₂	p _{2,0}	p _{2,L}	5,13	5,13	0,00	0,00	Længdearmering <table border="1"> <tr><th>Side</th><th>d (mm)</th><th>c (mm)</th><th>antal</th></tr> <tr><td>Overside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>Underside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> </table> Sideafstand til armering, c' (mm): 60		Side	d (mm)	c (mm)	antal	Overside	8	40	6,67	Underside	8	40	6,67
P ₁	P ₂	P ₃																													
0,0	0,0	0,0																													
p ₁	p ₂	p _{2,0}	p _{2,L}																												
5,13	5,13	0,00	0,00																												
Side	d (mm)	c (mm)	antal																												
Overside	8	40	6,67																												
Underside	8	40	6,67																												
Normalkræfter <table border="1"> <tr><th>N₀</th><th>N_L</th><th>N_A</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>0</td></tr> </table>		N ₀	N _L	N _A	700	700	0	Reaktioner <table border="1"> <tr><th>R₀</th><th>R_L</th></tr> <tr><td>9,2</td><td>9,2</td></tr> </table> Type: simpel		R ₀	R _L	9,2	9,2	Beton <table border="1"> <tr><th>f_{ck}</th><th>f_{cd}</th></tr> <tr><td>35 MPa</td><td>34,7 MPa</td></tr> </table>		f _{ck}	f _{cd}	35 MPa	34,7 MPa												
N ₀	N _L	N _A																													
700	700	0																													
R ₀	R _L																														
9,2	9,2																														
f _{ck}	f _{cd}																														
35 MPa	34,7 MPa																														
s _A (m): 0,00, 3,60, 3,60 exc. (mm): 10, 10, 10		Partialkoefficienter <table border="1"> <tr><th>γ_c</th><th>γ_s</th></tr> <tr><td>1,00</td><td>1,00</td></tr> </table>		γ _c	γ _s	1,00	1,00	Armering <table border="1"> <tr><th>fyk</th><th>fyd</th><th>ft,yd</th></tr> <tr><td>550 MPa</td><td>436 MPa</td><td>550 MPa</td></tr> </table>		fyk	fyd	ft,yd	550 MPa	436 MPa	550 MPa																
γ _c	γ _s																														
1,00	1,00																														
fyk	fyd	ft,yd																													
550 MPa	436 MPa	550 MPa																													
Geometri 		Snitanalyse ved: <table border="1"> <tr><th>Største moment</th><th>Mindste moment</th><th>Valgt s (m)</th></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>1,80</td></tr> </table>		Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)	-	-	1,80	Eksponerede overflader <table border="1"> <tr><th>Overside:</th><th>Underside:</th><th>Sider:</th></tr> <tr><td>Ja</td><td>Nej</td><td>Ingen</td></tr> </table>		Overside:	Underside:	Sider:	Ja	Nej	Ingen														
Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)																													
-	-	1,80																													
Overside:	Underside:	Sider:																													
Ja	Nej	Ingen																													
Vejledning: FC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2		Udgiven på www.bef.dk oktober 2011		NB: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker																											

Med de termiske tøjninger virkende til gunst beregnes således en øget bæreevne; sammenlign med Trin 2.

Trin 7

Her fortsættes med brandpåvirkningen fra Trin 6 med fuld termisk krumning; men nu justeres normalkraftens excentricitet til -10 mm og tværlasten skifter fortegn, så både normalkraft og tværlast driver en udbøjning i samme retning som den termiske udbøjning.

Med $p_1 = -0,41$ kN/m får væggen således en samlet indadrettet krumning på ca. 85 mm.

Sagsnavn: Betonelementhuset			Sag nr.: 23 - 4545		Bjælke-Isøjlemodul		Betonelement-Foreningen okt. 2011	
Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg			Dato: 2011-31-10		BETA-version 05 - 31. okt. 2011			
Emne: Brandlastkombinationer			Init: JFJ		Stabilitet OK			
					Spændvidde L 3,60 m		Tværsnit h 180 mm b 1000 mm	
Længdearmering Overside: 8 40 6,67 Underside: 8 40 6,67 Sideafstand til armering, c' (mm): 60					Beton f _{ck} 35 MPa f _{cd} 34,7 MPa			
Armering fyk 550 MPa f _{c,yd} 436 MPa f _{t,yd} 550 MPa					Partiakoefficienter γ _o 1,00 γ _s 1,00			
Eksposerede overflader Overside: Ja Underside: Nej Sider: Ingen					<input type="button" value="Gå til kold beregning"/>			
Punktlaste P ₁ 0,0 P ₂ 0,0 P ₃ 0,0			Fordelte laste (kN/m) p ₂ i 0 < s < s _A p _{2a} -0,41 p _{2b} -0,41 p _{2c} 0,00 p _{2d} 0,00		Snitanalyse ved: Største moment 1,80 Mindste moment -52 Valgt s (m) 1,80		N _{Ed} (kN) 700 M _{tot} (kNm) 3 ε _q / (1+φ) 0,38 σ _{ed} (Mpa) 5,0 σ _{st} (Mpa) -62 σ _{sc} (Mpa) 71 x (mm) 621	
Normalkræfter N ₀ 700 N _L 700 N _A 0			Reaktioner R ₀ -0,7 R _L -0,7		Type simpel R (kN) -0,7 R _L -0,7		Reduktionsparametre Beton: k _{c,II} 0,99 Armering: f _{yk} / f _{yk} 0,79 E _{yk} / E _s 0,96 Trækarm: f _{yk} / f _{yk} 1,00 E _{yk} / E _s 1,00	
Geometri 			Overfør laster fra kold tilstand		Brandtid: 120 min Tilslag: Søsend / granit Stål: Bratkalet Randzone, a 31 mm		c måles til midte jern	
Vejledning: FC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2					Udgivet på www.bef.dk oktober 2011		NE: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker	

Trin 8

I det efterfølgende skærbillede er tværlasten ændret til $p_1 = -0,42$ kN/m, og væggen bliver nu ustabil.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlasterkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 *** INSTABIL KONSTRUKTION ***																																			
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L 3,60 m Tværsnit h 180 mm b 1000 mm																																			
Punktlaste <table border="1"> <tr><th>P₁</th><th>P₂</th><th>P₃</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><th>s (m)</th><td>3,60</td><td>1,80</td><td>3,60</td></tr> </table>		P ₁	P ₂	P ₃	0,0	0,0	0,0	s (m)	3,60	1,80	3,60	Fordelte laste (kN/m) <table border="1"> <tr><th>p₂ i 0 < s < s_A</th></tr> <tr><td>R_{1-a}</td><td>R_{1+d}</td><td>R_{2-a}</td><td>R_{2-L}</td></tr> <tr><td>-0,42</td><td>-0,42</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </table>		p ₂ i 0 < s < s _A	R _{1-a}	R _{1+d}	R _{2-a}	R _{2-L}	-0,42	-0,42	0,00	0,00	Længdearmering <table border="1"> <tr><th>d (mm)</th><th>c (mm)</th><th>antal</th></tr> <tr><td>Overside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>Underside</td><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>Sideafstand til armering, c' (mm)</td><td colspan="3">60</td></tr> </table>		d (mm)	c (mm)	antal	Overside	8	40	6,67	Underside	8	40	6,67	Sideafstand til armering, c' (mm)	60		
P ₁	P ₂	P ₃																																					
0,0	0,0	0,0																																					
s (m)	3,60	1,80	3,60																																				
p ₂ i 0 < s < s _A																																							
R _{1-a}	R _{1+d}	R _{2-a}	R _{2-L}																																				
-0,42	-0,42	0,00	0,00																																				
d (mm)	c (mm)	antal																																					
Overside	8	40	6,67																																				
Underside	8	40	6,67																																				
Sideafstand til armering, c' (mm)	60																																						
Normalkræfter <table border="1"> <tr><th>N₀</th><th>N_L</th><th>N_A</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>0</td></tr> <tr><th>s_A (m)</th><td>0,00</td><td>3,60</td><td>3,60</td></tr> <tr><th>exc. (mm)</th><td>-10</td><td>-10</td><td>10</td></tr> </table>		N ₀	N _L	N _A	700	700	0	s _A (m)	0,00	3,60	3,60	exc. (mm)	-10	-10	10	Reaktioner <table border="1"> <tr><th>R₀</th><th>R_L</th></tr> <tr><td>-0,8</td><td>-0,8</td></tr> </table>		R ₀	R _L	-0,8	-0,8	Beton f _{ck} 35 MPa f _{cd} 34,7 MPa																	
N ₀	N _L	N _A																																					
700	700	0																																					
s _A (m)	0,00	3,60	3,60																																				
exc. (mm)	-10	-10	10																																				
R ₀	R _L																																						
-0,8	-0,8																																						
Geometri 		Armering fyk 550 MPa f _{c,yd} 436 MPa f _{t,yd} 550 MPa		Partialkoefficienter γ _c 1,00 γ _f 1,00																																			
Vejledning:		FC-statik: Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2		Udgivet på www.bef.dk. oktober 2011																																			
				NE: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker																																			

Konklusion

Den 1,0 m brede sektion af den simpelt understøttede facadebagvæg med indersiden eksponeret for en 120 minutters standardbrand vil med normalkraft $N = 700$ kN regningsmæssigt kunne modstå tværlast som følger:

Udadrettet tværlast: $p_1 = +2,63$ kN/m, idet der i dette lasttilfælde regnes med:

- positiv excentricitet (+10 mm) for normalkraften
- undertrykt termisk tøjning på indersiden

da dette er det mest gunstige for konstruktionen sammen med udadrette tværlast.

Indadrettet tværlast: $p_1 = -0,41$ kN/m, idet der i dette lasttilfælde regnes med:

- negativ excentricitet (-10 mm) for normalkraften
- fuld termisk tøjning på indersiden

da dette er det mest gunstige for konstruktionen sammen med indadrettet tværlast.

Indspændingsforhold i brandtilfældet

For vægge og søjler overvejende påvirket af normalkraft tillader EC2, at der i brandtilfældet generelt regnes med indspænding i elementets bund. begrænsningen "overvejende påvirket af normalkraft" betyder, at der ikke uden videre kan indlægges en egentlig indspænding ved elementets bund ved tværpåvirkede søjler og vægge.

Reglen tolkes således, at normalkraftens excentricitet i elementets bund placeres gunstigst muligt. Dette illustreres nu ved i eksemplets Trin 7 med indadrettet tværlast at fjerne tværlasten helt, og dernæst flytte excentriciteten i væggen bund så langt ind mod væggen inderside (= "overside") som muligt uden at fremkalde udadgående stabilitetsbrud. Derefter påsættes indgående tværlast op til grænsen for indadgående stabilitetsbrud. se følgende Trin 9 – 11.

Trin 9

Tværlast fjernes i forhold til trin 7.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK																																									
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L: 3,60 m Tværsnit h: 180 mm, b: 1000 mm																																									
Punktlaste <table border="1"> <tr><th>P₁</th><th>P₂</th><th>P₃</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>s (m)</td><td>3,60</td><td>1,80</td><td>3,60</td></tr> </table>		P ₁	P ₂	P ₃	0,0	0,0	0,0	s (m)	3,60	1,80	3,60	Fordelte laste (kN/m) <table border="1"> <tr><th>p₁₋₀</th><th>p_{1-L}</th><th>p₂₋₀</th><th>p_{2-L}</th></tr> <tr><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </table>		p ₁₋₀	p _{1-L}	p ₂₋₀	p _{2-L}	0,00	0,00	0,00	0,00	Længdearmering <table border="1"> <tr><th>d (mm)</th><th>c (mm)</th><th>antal</th></tr> <tr><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> </table> Sideafstand til armering, c' (mm): 60		d (mm)	c (mm)	antal	8	40	6,67	8	40	6,67													
P ₁	P ₂	P ₃																																											
0,0	0,0	0,0																																											
s (m)	3,60	1,80	3,60																																										
p ₁₋₀	p _{1-L}	p ₂₋₀	p _{2-L}																																										
0,00	0,00	0,00	0,00																																										
d (mm)	c (mm)	antal																																											
8	40	6,67																																											
8	40	6,67																																											
Normalkræfter <table border="1"> <tr><th>N₀</th><th>N_L</th><th>N_A</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>0</td></tr> <tr><td>s_A (m)</td><td>0,00</td><td>3,60</td><td>3,60</td></tr> <tr><td>exc. (mm)</td><td>-10</td><td>-10</td><td>10</td></tr> </table>		N ₀	N _L	N _A	700	700	0	s _A (m)	0,00	3,60	3,60	exc. (mm)	-10	-10	10	Reaktioner <table border="1"> <tr><th>R₀</th><th>R_L</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> </table> Type: simpelt simpelt R (kN): 0,0 0,0		R ₀	R _L	0,0	0,0	Beton <table border="1"> <tr><td>f_{ck}</td><td>35 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cd}</td><td>34,7 MPa</td></tr> </table> Armering <table border="1"> <tr><td>f_{yk}</td><td>550 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cyd}</td><td>436 MPa</td></tr> <tr><td>f_{tyd}</td><td>550 MPa</td></tr> </table>		f _{ck}	35 MPa	f _{cd}	34,7 MPa	f _{yk}	550 MPa	f _{cyd}	436 MPa	f _{tyd}	550 MPa												
N ₀	N _L	N _A																																											
700	700	0																																											
s _A (m)	0,00	3,60	3,60																																										
exc. (mm)	-10	-10	10																																										
R ₀	R _L																																												
0,0	0,0																																												
f _{ck}	35 MPa																																												
f _{cd}	34,7 MPa																																												
f _{yk}	550 MPa																																												
f _{cyd}	436 MPa																																												
f _{tyd}	550 MPa																																												
Geometri 		Snitanalyse ved: <table border="1"> <tr><th>Største moment</th><th>Mindste moment</th><th>Valgt s (m)</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>1,80</td></tr> <tr><td>M_{tot} (kNm)</td><td>3</td><td>-52</td><td>-50</td></tr> <tr><td>ε₀/(1+φ)</td><td>0,38</td><td>1,85</td><td>1,78</td></tr> <tr><td>σ_{0d} (Mpa)</td><td>5,0</td><td>23,4</td><td>22,7</td></tr> <tr><td>σ_{st} (Mpa)</td><td>-62</td><td>407</td><td>377</td></tr> <tr><td>σ_{sc} (Mpa)</td><td>71</td><td>143</td><td>143</td></tr> <tr><td>x (mm)</td><td>619</td><td>65</td><td>67</td></tr> </table>		Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)	700	700	1,80	M _{tot} (kNm)	3	-52	-50	ε ₀ /(1+φ)	0,38	1,85	1,78	σ _{0d} (Mpa)	5,0	23,4	22,7	σ _{st} (Mpa)	-62	407	377	σ _{sc} (Mpa)	71	143	143	x (mm)	619	65	67	Partialkoefficienter <table border="1"> <tr><td>γ_c</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>γ_s</td><td>1,00</td></tr> </table> Eksponerede overflader <table border="1"> <tr><td>Overside:</td><td>Ja</td></tr> <tr><td>Underside:</td><td>Nej</td></tr> <tr><td>Sider:</td><td>Ingen</td></tr> </table>		γ _c	1,00	γ _s	1,00	Overside:	Ja	Underside:	Nej	Sider:	Ingen
Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)																																											
700	700	1,80																																											
M _{tot} (kNm)	3	-52	-50																																										
ε ₀ /(1+φ)	0,38	1,85	1,78																																										
σ _{0d} (Mpa)	5,0	23,4	22,7																																										
σ _{st} (Mpa)	-62	407	377																																										
σ _{sc} (Mpa)	71	143	143																																										
x (mm)	619	65	67																																										
γ _c	1,00																																												
γ _s	1,00																																												
Overside:	Ja																																												
Underside:	Nej																																												
Sider:	Ingen																																												
Vejledning: PC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2		Udgiven på www.bef.dk oktober 2011		NE: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker																																									

Trin 10

Normalkraftens reaktion i bunden forskydes længst muligt ind mod inderside (= "Overside") uden at fremkalde udadgående stabilitetsbrud. Dette svarer til excentriciteten +54 mm.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK																																									
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L: 3,60 m Tværsnit h: 180 mm, b: 1000 mm																																									
Punktlaste <table border="1"> <tr><th>P₁</th><th>P₂</th><th>P₃</th></tr> <tr><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>s (m)</td><td>3,60</td><td>1,80</td><td>3,60</td></tr> </table>		P ₁	P ₂	P ₃	0,0	0,0	0,0	s (m)	3,60	1,80	3,60	Fordelte laste (kN/m) <table border="1"> <tr><th>p₁₋₀</th><th>p_{1-L}</th><th>p₂₋₀</th><th>p_{2-L}</th></tr> <tr><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </table>		p ₁₋₀	p _{1-L}	p ₂₋₀	p _{2-L}	0,00	0,00	0,00	0,00	Længdearmering <table border="1"> <tr><th>d (mm)</th><th>c (mm)</th><th>antal</th></tr> <tr><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> <tr><td>8</td><td>40</td><td>6,67</td></tr> </table> Sideafstand til armering, c' (mm): 60		d (mm)	c (mm)	antal	8	40	6,67	8	40	6,67													
P ₁	P ₂	P ₃																																											
0,0	0,0	0,0																																											
s (m)	3,60	1,80	3,60																																										
p ₁₋₀	p _{1-L}	p ₂₋₀	p _{2-L}																																										
0,00	0,00	0,00	0,00																																										
d (mm)	c (mm)	antal																																											
8	40	6,67																																											
8	40	6,67																																											
Normalkræfter <table border="1"> <tr><th>N₀</th><th>N_L</th><th>N_A</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>0</td></tr> <tr><td>s_A (m)</td><td>0,00</td><td>3,60</td><td>3,60</td></tr> <tr><td>exc. (mm)</td><td>54</td><td>-10</td><td>10</td></tr> </table>		N ₀	N _L	N _A	700	700	0	s _A (m)	0,00	3,60	3,60	exc. (mm)	54	-10	10	Reaktioner <table border="1"> <tr><th>R₀</th><th>R_L</th></tr> <tr><td>-12,3</td><td>12,3</td></tr> </table> Type: simpelt simpelt R (kN): -12,3 12,3		R ₀	R _L	-12,3	12,3	Beton <table border="1"> <tr><td>f_{ck}</td><td>35 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cd}</td><td>34,7 MPa</td></tr> </table> Armering <table border="1"> <tr><td>f_{yk}</td><td>550 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cyd}</td><td>436 MPa</td></tr> <tr><td>f_{tyd}</td><td>550 MPa</td></tr> </table>		f _{ck}	35 MPa	f _{cd}	34,7 MPa	f _{yk}	550 MPa	f _{cyd}	436 MPa	f _{tyd}	550 MPa												
N ₀	N _L	N _A																																											
700	700	0																																											
s _A (m)	0,00	3,60	3,60																																										
exc. (mm)	54	-10	10																																										
R ₀	R _L																																												
-12,3	12,3																																												
f _{ck}	35 MPa																																												
f _{cd}	34,7 MPa																																												
f _{yk}	550 MPa																																												
f _{cyd}	436 MPa																																												
f _{tyd}	550 MPa																																												
Geometri 		Snitanalyse ved: <table border="1"> <tr><th>Største moment</th><th>Mindste moment</th><th>Valgt s (m)</th></tr> <tr><td>700</td><td>700</td><td>1,80</td></tr> <tr><td>M_{tot} (kNm)</td><td>50</td><td>6</td><td>38</td></tr> <tr><td>ε₀/(1+φ)</td><td>1,90</td><td>0,42</td><td>1,27</td></tr> <tr><td>σ_{0d} (Mpa)</td><td>24,0</td><td>5,6</td><td>16,7</td></tr> <tr><td>σ_{st} (Mpa)</td><td>342</td><td>-59</td><td>99</td></tr> <tr><td>σ_{sc} (Mpa)</td><td>309</td><td>78</td><td>217</td></tr> <tr><td>x (mm)</td><td>57</td><td>367</td><td>78</td></tr> </table>		Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)	700	700	1,80	M _{tot} (kNm)	50	6	38	ε ₀ /(1+φ)	1,90	0,42	1,27	σ _{0d} (Mpa)	24,0	5,6	16,7	σ _{st} (Mpa)	342	-59	99	σ _{sc} (Mpa)	309	78	217	x (mm)	57	367	78	Partialkoefficienter <table border="1"> <tr><td>γ_c</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>γ_s</td><td>1,00</td></tr> </table> Eksponerede overflader <table border="1"> <tr><td>Overside:</td><td>Ja</td></tr> <tr><td>Underside:</td><td>Nej</td></tr> <tr><td>Sider:</td><td>Ingen</td></tr> </table>		γ _c	1,00	γ _s	1,00	Overside:	Ja	Underside:	Nej	Sider:	Ingen
Største moment	Mindste moment	Valgt s (m)																																											
700	700	1,80																																											
M _{tot} (kNm)	50	6	38																																										
ε ₀ /(1+φ)	1,90	0,42	1,27																																										
σ _{0d} (Mpa)	24,0	5,6	16,7																																										
σ _{st} (Mpa)	342	-59	99																																										
σ _{sc} (Mpa)	309	78	217																																										
x (mm)	57	367	78																																										
γ _c	1,00																																												
γ _s	1,00																																												
Overside:	Ja																																												
Underside:	Nej																																												
Sider:	Ingen																																												
Vejledning: PC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2		Udgiven på www.bef.dk oktober 2011		NE: Resultaterne skal altid kontrolleres af ansvarlig statiker																																									

Trin 11

Der påføres nu indadgående tværlast indtil grænsen for indadgående stabilitetsbrud.

Sagsnavn: Betonelementhuset Bygningsdel: Eksempel med brand på facadebagvæg Emne: Brandlastkombinationer		Sag nr.: 23 - 4545 Dato: 2011-31-10 Init: JFJ		Bjælke-/søjlemodul Betonelement-Foreningen okt. 2011 BETA-version 05 - 31. okt. 2011 Stabilitet OK	
Udbøjninger (mm) 		Snitmomenter, M_tot (KNm) 		Spændvidde L: 3,60 m	
Normalkræfter N (kN): 700, 700, 0 s _A (m): 0,00, 3,60, 3,60 exc. (mm): 54, -10, 10		Fordele laste (kN/m) p _{1-a} : -18,80 p _{1-L} : -18,80 p _{2-a} : 0,00 p _{2-L} : 0,00		Tværsnit h: 180 mm b: 1000 mm	
Reaktioner R ₀ : -46,1 R _L : -21,6 Type: simpel		Armering fyk: 550 MPa fc,yd: 436 MPa ft,yd: 550 MPa		Partialkoefficienter γ _c : 1,00 γ _s : 1,00	
Geometri 		Snitanalyse ved : Største moment: 700 (kN) Mindste moment: -56 (kNm) Valgt s (m): 1,80		Eksponerede overflader Overside: Js Underside: Nej Sider: Ingen	
Brandtid: 120 min		Reduktionsparametre Beton: k _{c,M} : 0,99 Armering: f _{syβ} / f _{yk} : 0,79 E _{s,β} / E _s : 0,96 Trækarm: f _{syβ} / f _{yk} : 1,00 E _{s,β} / E _s : 1,00		Randzone, a: 31 mm	
Vejledning: <i>PC-statik. Tværsnitsanalyse for søjler og bjælker efter EC2</i> Udgivet på www.bef.dk. oktober 2011					

Med denne metode til anvendelse af ”indspænding” i væggen bund kan således opnås en meget betragtelig forøgelse af væggen brudlast i brandtilfældet.