

**balusters en bovenregel van een metalen hekwerk**

**per baluster: 1,0 st strip 10x90**  
**per bovenregel: 1,0 st strip 10x60**

werk  
 werknummer  
 onderdeel

**werk**  
**werknummer**  
**onderdeel**

**algemeen**

toegepaste norm  
 ontwerplevensduur klasse  
 gevolgklasse

**eurocode nieuwbouw**  
 = 3  
 CC 2

**geometrie**

hart op hart stijlen (baluster)  
 aantal staalprofielen per stijl (baluster)  
 hoogte hor. regel boven inklemming  
 aantal staalprofielen per regel  
 aantal steunpunten regel

a= 1,85 m  
 n<sub>stijl</sub>= 1 st / stijl  
 h<sub>o</sub>= 1,1 m  
 n<sub>regel</sub>= 1 st / regel  
 = 2 -

**grootste stijfheid regel**

**horizontaal**  
**in de krachtrichting**

**materiaalgegevens**

materiaal horizontale bovenregel  
 materiaal verticale stijl (balusters)

**staal S235**  
**staal S235**

**opgelegde belastingen**

**vertikaal**

vertikale F-last op regel ( in punt B)

F<sub>vert</sub>= 0,00 kN

**horizontaal**

horizontale q-last op regel  
 horizontale F-last op regel ( in punt B)  
 horizontale F-last op stijl ( in punt C)  
 puntlast in C ook spreiden over bovenregel?

q<sub>hor</sub>= 0,50 kN/m'  
 F<sub>hor,B</sub>= 1,00 kN  
 F<sub>hor,C</sub>= 1,00 kN  
 nee

**windbelasting**

moet er worden gerekend met windbelasting?  
 dichtheidsverhouding van vlak tussen stijlen  
 komt er windbelasting van boven de horizontale regel  
 hoogte boven de horizontale regel  
 windgebied  
 soort terrein  
 werkelijke hoogte boven terrein  
 resulterende netto winddrukcoëfficiënt  
 stuwdruk volgens eurocode 1991 wind

nee  
 φ<sub>r</sub>= 1 -  
 nee  
 h<sub>b</sub>= 0 m  
 = III -  
 onbebouwd II  
 z= 5 m  
 C<sub>i</sub>= 2,10 -  
 q<sub>p(z)</sub>= 0,00 kN/m<sup>2</sup>

**doorbuigingseisen**

horizontale doorbuiging punt B (bovenregel)  
 verticale doorbuiging punt B  
 horizontale doorbuiging punt C (baluster)  
 stijl C-E berekenen als een

< 20 mm  
 1: 125 x a  
 1: 125 x h<sub>o</sub>  
**tussenstijl**

ontwerplevensduur = 50 jaar

toepassing

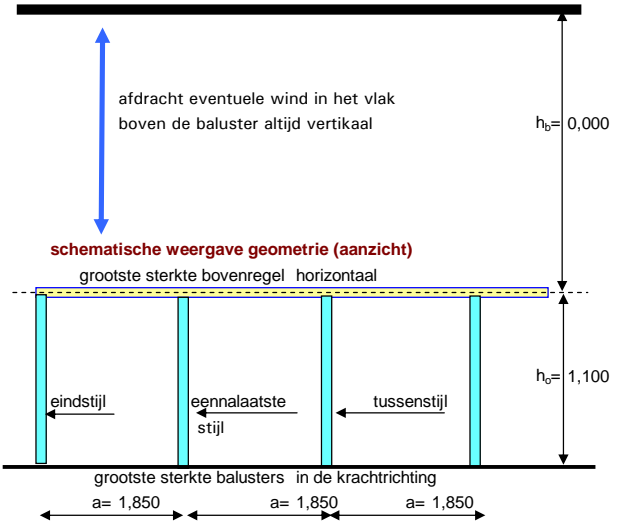
6.10.a 6.10.b 6.1 partiële factoren  
 γ<sub>Gj</sub>= 1,35 ξ γ<sub>Gj</sub>= 1,20 γ<sub>M0</sub>= 1,00 -  
 γ<sub>Q,1</sub>= 1,50 γ<sub>Q,1</sub>= 1,50 γ<sub>M1</sub>= 1,00 -  
 γ<sub>Q,i</sub>= 1,50 γ<sub>Q,i</sub>= 1,50 γ<sub>M2</sub>= 1,25 -

horizontale regel strip 10x60

E= 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>y,s;d</sub>= 235 N/mm<sup>2</sup>  
 aantal n<sub>regel</sub>= 1 st / regel  
 I<sub>horizontaal</sub>= 18,0 cm<sup>4</sup>  
 W<sub>horizontaal</sub>= 9,0 cm<sup>3</sup>  
 I<sub>vertikaal</sub>= 0,5 cm<sup>4</sup>  
 W<sub>vertikaal</sub>= 1,5 cm<sup>3</sup>

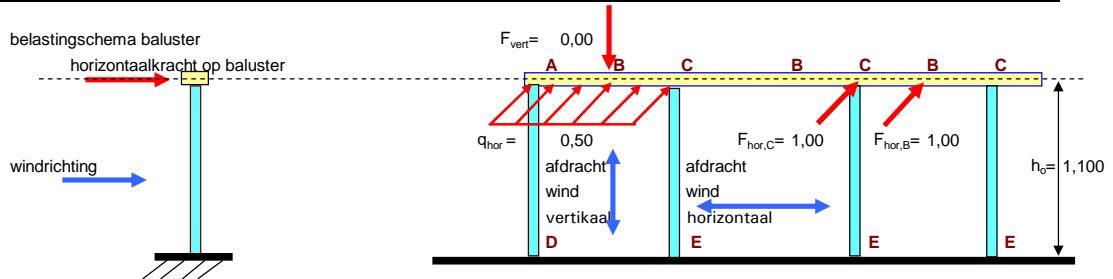
balusters strip 10x90

E= 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>y,s;d</sub>= 235 N/mm<sup>2</sup>  
 aantal n<sub>stijl</sub>= 1 st / stijl  
 I<sub>horizontaal</sub>= 60,8 cm<sup>4</sup>  
 W<sub>horizontaal</sub>= 20,3 cm<sup>3</sup>



**unity-checks**

uiterste grenstoestand	ULS	bovenregel vertikaal	0,00	bovenregel horizontaal	0,33	baluster	0,35
bruikbaarheidsgrenstoestand	SLS	bovenregel vertikaal	0,00	bovenregel horizontaal	0,26	baluster	0,40

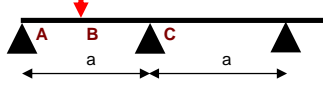


**mechanicaberekening ( met karakteristieke waarden )**

onderdeel

**vertikale belasting op bovenregel**

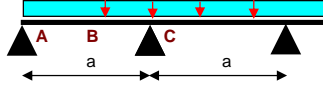
$F_{vert} = 0,00$  kN



$M_B$	1/4	$Fa$	=	0,25	0,00	1,85	=	0,00	kNm
$M_C$	0	$Fa$	=	0	0,00	1,85	=	0,00	kNm
$R_A$	1/2	$F$	=	0,5	0,00		=	0,00	kN
$R_C$	1/2	$F$	=	0,5	0,00		=	0,00	kN
$u_{B,vert}$	1/48	$Fa^3/EI$	=	0,0208	0	$1850^3$	=	0,0	mm
					210000	$0,5 \cdot 10^4$			

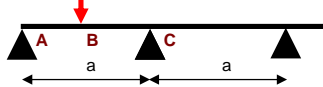
**horizontale belasting op bovenregel**

$q_{hor} = 0,50$  kN/m



$M_B$	1/8	$qa^2$	=	0,125	0,50	$1,85^2$	=	0,21	kNm
$M_C$	0	$qa^2$	=	0	0,50	$1,85^2$	=	0,00	kNm
$R_A$	0,5	$qa$	=	0,5	0,50	1,85	=	0,46	kN
$R_C$	1	$qa$	=	1	0,50	1,85	=	0,93	kN
$u_{B,hor}$	5/384	$qa^4/EI$	=	0,013	0,50	$1850^4$	=	2,0	mm
					210000	$18,0 \cdot 10^4$			

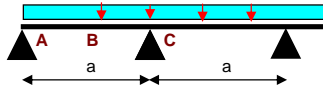
$F_{hor,B} = 1,00$  kN



$M_B$	1/4	$Fa$	=	0,25	1,00	1,85	=	0,46	kNm
$M_C$	0	$Fa$	=	0	1,00	1,85	=	0,00	kNm
$R_A$	0,5	$F$	=	0,5	1,00		=	0,50	kN
$R_C$	1/2	$F$	=	0,5	1,00		=	0,50	kN
$u_{B,hor}$	1/48	$Fa^3/EI$	=	0,0208	1000	$1850^3$	=	3,5	mm
					210000	$18,0 \cdot 10^4$			

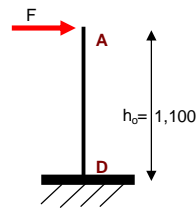
**windbelasting op bovenregel**

afdracht verticaal  $q_{wind} = C_t \varphi_1 q_{p(z)}$   
 $2,10$   $1,00$   $0,00$



$M_B$	1/8	$qa^2$	=	0,125	0,00	$1,85^2$	=	0,00	kNm
$M_C$	0	$qa^2$	=	0	0,00	$1,85^2$	=	0,00	kNm
$R_A$	0,5	$qa$	=	0,5	0,00	1,85	=	0,00	kN
$R_C$	1	$qa$	=	1	0,00	1,85	=	0,00	kN
$u_{B,hor}$	5/384	$qa^4/EI$	=	0,013	0,00	$1850^4$	=	0,0	mm
					210000	$18,0 \cdot 10^4$			

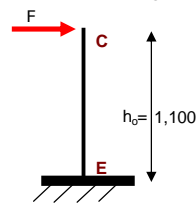
**baluster A-D**



reactie op baluster ten gevolge van:

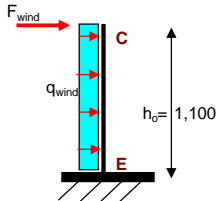
horizontale q-last	$F = R_{A,k} = 0,46$	kN	$M_D = 0,46$	1,100	=	0,51	kNm		
horizontale F-last in B	$F = R_{A,k} = 0,50$	kN	$M_D = 0,50$	1,100	=	0,55	kNm		
wind verticaal afgedragen	$F = R_{A,k} = 0,00$	kN	$M_D = 0,00$	1,100	=	0,00	kNm		
horizontale q-last	$u_{A,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	463	$1100^3$	=	1,6	mm	
					3	$210000$	$60,8 \cdot 10^4$		
horizontale F-last	$u_{A,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	500	$1100^3$	=	1,7	mm	
					3	$210000$	$60,8 \cdot 10^4$		
wind verticaal afgedragen	$u_{A,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	0	$1100^3$	=	0,0	mm	
					3	$210000$	$60,8 \cdot 10^4$		

**baluster C-E** reactie tgv



horizontale q-last	$F = R_{C,k} = 0,93$	kN	$M_E = 0,93$	1,10	=	1,02	kNm		
horizontale F-last in punt B	$F = R_{C,k} = 0,50$	kN	$M_E = 0,50$	1,10	=	0,55	kNm		
wind verticaal afgedragen	$F = R_{C,k} = 0,00$	kN	$M_E = 0,00$	1,10	=	0,00	kNm		
F op stijl (na afdracht bovenregel)	$F = \psi$	$F_{hor,C}$	=	1,00	1,00	=	1,00	kN	
horizontale F-last in punt C	$F = 1,00$	kN	$M_E = 1,00$	1,10	=	1,10	kNm		
horizontale q-last	$u_{C,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	925	$1100^3$	=	3,2	mm	
					3	$210000$	$60,8 \cdot 10^4$		
horizontale F-last in B	$u_{C,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	500	$1100^3$	=	1,7	mm	
					3	$210000$	$60,8 \cdot 10^4$		

wind vertikaal	$u_{C,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	$\frac{0}{3} \frac{1100^3}{210000 \cdot 60,8 \cdot 10^4}$	=	0,0 mm	
horizontale F-last in C	$u_{C,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	$\frac{1000}{3} \frac{1100^3}{210000 \cdot 60,8 \cdot 10^4}$	=	3,5 mm	
wind horizontaal afgedragen							
belasting uit wind direct op baluster	$q_{wind}$	2,10	1,00	1,85	0,00	= 0,00 kN/m'	
belasting uit wind boven de regel	$F_{wind}$	2,10	1,00	1,00	1,85	0,00	0,00 / 2 = 0,00 kN
	$M_E$	0,00	1,100	+	0,5	0,00	$1,100^2$ = 0,00 kNm
tgq q-last	$u_{C,hor}$	$qa^4/8EI$	=	$\frac{0,00}{8} \frac{1100^4}{210000 \cdot 60,8 \cdot 10^4}$	=	0,0 mm	
tgq F-last	$u_{C,hor}$	$Fa^3/3EI$	=	$\frac{0}{3} \frac{1100^3}{210000 \cdot 60,8 \cdot 10^4}$	=	0,0 mm	
						totaal = 0,0 mm	



**toetsingen uiterste grenstoestand (alleen buiging)** onderdeel

<b>bovenregel strip 10x60</b>											
vertikaal	belastinggeval	F-last			$M_{c,Rd} = W_{pl,vert} f_y$	=	1,5	$235 \cdot 10^{-3}$	=	0,4 kNm	
	$M_B$	0,00			$M_{Ed,max}$	=	1,50	0,00	=	0,00 kNm	
	$M_C$	0,00			unity-check	=	0,00	/ 0,4	=	0,00	
horizontaal	belastinggeval	q-last	F-last	wind vert.	$M_{c,Rd} = W_{pl,hor} f_y$	=	9,0	$235 \cdot 10^{-3}$	=	2,1 kNm	
	$M_B$	0,21	0,46	0,00	$M_{Ed,max}$	=	1,50	0,46	=	0,69 kNm	
	$M_C$	0,00	0,00	0,00	unity-check	=	0,69	/ 2,1	=	0,33	
<b>balusters strip 10x90</b>											
horizontaal	belastinggeval	q-last	F-last	wind vert.	wind hor.	$M_{c,Rd} = W_{pl} f_y$	=	20,3	$235 \cdot 10^{-3}$	=	4,8 kNm
baluster A-D	$M_D$	0,51	0,55	0,00	n.v.t	$M_{Ed,max}$	=	1,50	1,10	=	1,65 kNm
baluster C-E	$M_E$	1,02	1,10	0,00	0,00	unity-check	=	1,65	/ 4,8	=	0,35

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

vertikale vervorming van punt B											
tgq F-last						=	0,0	UC=	0,0 / 14,8 =	0,00	
<b>horizontale vervorming van punt B</b>											
vervorming tgq	punt A	+	punt B	+	punt C	=	totaal (mm)		toelaatbaar		
tgq q-last	0,5*	3,2	+	2,0	+ 0,5*	3,2	=	5,2	UC=	5,2 / 20,0 =	0,26
tgq F-last B	0,5*	1,7	+	3,5	+ 0,5*	1,7	=	5,2	UC=	5,2 / 20,0 =	0,26
wind vertikaal	0,5*	0,0	+	0,0	+ 0,5*	0,0	=	0,0	UC=	0,0 / 20,0 =	0,00
wind horizontaal		0,0	+	0,0	+	0,0	=	0,0	UC=	0,0 / 20,0 =	0,00
<b>horizontale vervorming van punt C</b>											
tgq q-last						=	3,2	UC=	3,2 / 8,8 =	0,37	
tgq F-last in punt C						=	3,5	UC=	3,5 / 8,8 =	0,40	
wind vertikaal						=	0,0	UC=	0,0 / 8,8 =	0,00	
wind horizontaal						=	0,0	UC=	0,0 / 8,8 =	0,00	

**opmerking**