



berekening van een houten A-spant met scharnieren bij steunpunt 1 en 2

spantbeen: 1 st 71 x 171
 regel: 1 st 71 x 171

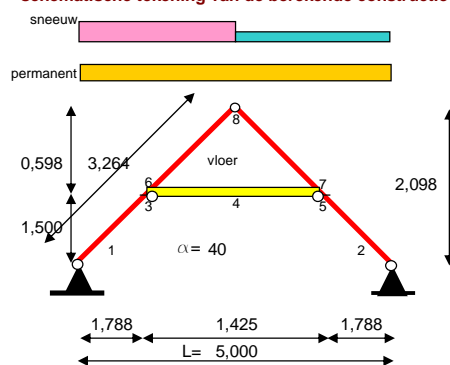
werk	= werk	sterkteklasse spantbeen en regel	
werknummer	= werknummer		naaldhout C18
onderdeel	= onderdeel		
toegepaste norm	= eurocode nieuwbouw	ontwerplevensduur	= 50 jaar
ontwerplevensduur klasse	= 3	toepassing	gebouwen en andere gewone constructies
gevolgklasse	= CC1	belastingfactoren	
correctiefactor voor formule 6.10.b	$\xi = 0,89$	formule 6.10.a	$\gamma_{Gj} = 1,22$ -
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage		(meestal niet maatgevend)	$\gamma_{Q;1} = 1,35$ -
gebouwcategorie (voor tussenvloer)	A: woon- en verblijfsruimtes		$\gamma_{Q;2} = 1,35$ -
(gewichtsberekening)	$\psi_0 = 0,4$ -	formule 6.10.b	$\xi \gamma_{Gj} = 1,08$ -
(elastische doorbuiging)	$\psi_1 = 0,5$ -	(maatgevend)	$\gamma_{Q;1} = 1,35$ -
(kruip)	$\psi_2 = 0,3$ -	formule 6.10.a en b	$\gamma_{Q;2} = 1,35$ -
			$\gamma_{Gj} = 0,90$ (gunstig)

dakvorm	= zadeldak
dakhelling	$\alpha = 40$ graden
kan de sneeuw onbelemmerd afglijden	: ja -
eigen gewicht	
eigen gewicht per m ² dakvlak (schuin)	$G_{k,j} = 0,7$ kN/m ²
windbelasting	
windgebied	= III -
soort terrein	bebouwd III -
hoogte onderdeel boven maaiveld	z= 9 m
totale gebouwbreedte;loodrecht op wind	br= 8,7 m
totale gebouwhoogte	ho= 7,5 m
totale gebouwdiepte;in windrichting	d= 7,5 m

specifieke spantvorm-afhankelijke invoer

overspanning	L= 5 m
hoogte regel tov steunpunt 1 en 2	$h_{onder} = 1,5$ m
te dragen m ² dakvlak	a= 3 m
eigen gewicht vloer	$G_{vloer} = 0,4$ kN/m ²
veranderlijke belasting vloer	$Q_{vloer} = 1,5$ kN/m ²
momentaanfactor vloerbelasting	$\psi = 0,4$ -

schematische tekening van de berekende constructie



materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren

sterkteklasse spantbeen en regel	= naaldhout C18	materiaalfactor sterkte	$\gamma_M = 1,30$ -
materiaal	= gezaagd hout	hoogtefactor treksterkte/breedte	$k_{tr} = 1,16$ -
soort doorsnede	= rechthoekig	hoogtefactor buigsterkte/hoogte	$k_{tr} = 1,00$ -
klimaatklasse	= 1 -	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} = 0,90$ kort
belastingduurklasse comb. veranderlijk	= kort -	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} = 0,80$ kort
factor voor volume-effect	s= 0,1 bij LVL	modificatiefactor vervorming	$k_{def} = 0,60$ -
$\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule	6.32		

spantbenen

$L_{schuin} = 0,5 * 5,000 / \cos \alpha$	= 3,264 m
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L_{schuin}
$u_{eind} < 3264 / 250$	= 13,1 mm
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 250 * L_{schuin}
$u_{bij} < 3264 / 250$	= 13,1 mm
balk- en belastingtype	2 steunpunten + q-last
aangrijpingspunt belasting	aan drukzijde
wijze van steunen	gesteund
aangrijpingspunt steunen	aan drukzijde
ongesteunde lengte spantbeen; z-richting	$l_z = 500$ mm
houtbreedte spantbenen	b= 71 mm
houthoogte spantbenen	h= 171 mm
aantal	n1= 1 st

unity-check spantbenen

uiterste grenstoestand	buiging	0,55	kip	0,39
bruikbaarheidsgrenstoestand	u_{eind}	0,43	u_{bij}	0,36

horizontale regel

L	= 1,425 m
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L_{schuin}
$u_{eind} < 1425 / 250$	= 5,7 mm
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 250 * L_{schuin}
$u_{bij} < 1425 / 250$	= 5,7 mm
balk- en belastingtype	2 steunpunten + q-last
aangrijpingspunt belasting	aan drukzijde
wijze van steunen	gesteund
aangrijpingspunt steunen	aan drukzijde
ongesteunde lengte regel; z-richting	$l_z = 2000$ mm
houtbreedte horizontale regel	b= 71 mm
houthoogte horizontale regel	h= 171 mm
aantal	n2= 1 st

unity-check horizontale regel

uiterste grenstoestand	buiging	0,44	kip	0,47
bruikbaarheidsgrenstoestand	u_{eind}	0,26	u_{bij}	0,21



berekening karakteristieke belastingen in kN/m²

windbelasting loodrecht op dakvlak $w_e+w_f=(C_{pe}+C_{pi}) * q_{p(z)}$	= (0,57 + 0,30)	0,49	=	0,43	kN/m ²			
sneeuwbelasting in grondvlak $s_n = \mu_i * C_e * C_t * s_k * f$	= 0,53	1,00	1,00	0,70	1,00	=	0,37	kN/m ²
personenbelasting grondvlak $p_{rep}=(4,0 - 0,2 \alpha)$ met $15 < \alpha < 20$	= (4,00	-	0,20	20,0)	=	0,00	kN/m ²	

materiaal- en profielgegevens

	algemene formule :	$f_{x,d} =$	k_t	k_h	k_{mod}	$f_{x,rep}$	/	γ_M	kort	
buigsterkte	$f_{m,k}$	18 N/mm ²	$f_{m,d}$	1,00	0,90	18	/	1,30	= 12,46 N/mm ²	
treksterkte	$f_{t,0,k}$	11 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	1,04	1,16	0,90	11	/	1,30	= 9,18 N/mm ²
druksterkte	$f_{c,0,k}$	18 N/mm ²	$f_{c,0,d}$		0,90	18	/	1,30	= 12,46 N/mm ²	
druksterkte	$f_{c,90,k}$	2,2 N/mm ²	$f_{c,90,d}$		0,90	2,2	/	1,30	= 1,52 N/mm ²	
schuifsterkte	$f_{v,k}$	3,4 N/mm ²	$f_{v,d}$		0,90	3,4	/	1,30	= 2,35 N/mm ²	
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,k}$	9000 N/mm ²	$E_{0,mean,d}$		1,00	9000	/	1,00	= 9000 N/mm ²	
volumieke massa	ρ_k	320 kg/m ³	$E_{0,u,d}$		0,90	9000	/	1,30	= 6231 N/mm ²	
** met $k_t =$ minimum van $(3000/l)^{0,2}$ en 1.1 $k_t = (3000 / 1425) ^ 0,05 = 1,04$ - dus $k_t = 1,04$										

spantbenen

traagheidsmoment	$I_y = 1 * 1/12 bh^3$	=	1	$1/12$	71	171^3	=	2958	10 ⁴ mm ⁴
traagheidsmoment	$I_z = 1 * 1/12 hb^3$	=	1	$1/12$	171	71^3	=	510	10 ⁴ mm ⁴
weerstandsmoment	$W_y = 1 * 1/6 bh^2$	=	1	$1/6$	71	171^2	=	346	10 ³ mm ³
weerstandsmoment	$W_z = 1 * 1/6 hb^2$	=	1	$1/6$	171	71^2	=	144	10 ³ mm ³
oppervlak	$A = 1 * bh$	=	1		71	171	=	121	10 ² mm ²
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$	=	$\sqrt{}$	(	2958	/	121	)	= 49,4 mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$	=	$\sqrt{}$	(	510	/	121	)	= 20,5 mm

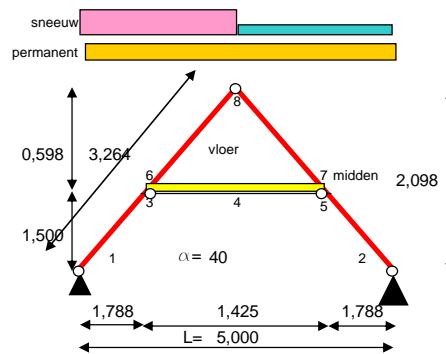
horizontale regel

traagheidsmoment	$I_y = 1 * 1/12 bh^3$	=	1	$1/12$	71	171^3	=	2958	10 ⁴ mm ⁴
traagheidsmoment	$I_z = 1 * 1/12 hb^3$	=	1	$1/12$	171	71^3	=	510	10 ⁴ mm ⁴
weerstandsmoment	$W_y = 1 * 1/6 bh^2$	=	1	$1/6$	71	171^2	=	346	10 ³ mm ³
weerstandsmoment	$W_z = 1 * 1/6 hb^2$	=	1	$1/6$	171	71^2	=	144	10 ³ mm ³
oppervlak	$A = 1 * bh$	=	1		71	171	=	121	10 ² mm ²
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$	=	$\sqrt{}$	(	2958	/	121	)	= 49,4 mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$	=	$\sqrt{}$	(	510	/	121	)	= 20,5 mm

mechanicaberekening

onderdeel

onderdeel	=	werk
overspanning	L =	5 m
dakhelling	$\alpha =$	40 graden
hoogte regel tov steunpunt 1 en 2	$h_{onder} =$	1,5 m
te dragen m ² dakvlak	a =	3 m
eigen gewicht dak	$G_{dak} =$	0,7 kN/m ²
eigen gewicht vloer	$G_{vloer} =$	0,4 kN/m ²
veranderlijke belasting vloer	$Q_{vloer} =$	1,5 kN/m ²
momentaanfactor vloerbelasting	$\psi =$	0,4 -
toelaatbare einddoorbuiging spantbeen	1:	250 x L_{schuin}
toelaatbare einddoorbuiging regel	1:	250 x L_{regel}
bijkomende doorbuiging spantbeen	1:	250 x L_{schuin}
bijkomende doorbuiging regel	1:	250 x L_{regel}
belastingfactoren voor formule 6.10.b	$\xi \gamma_{G,j} =$	1,08 -
(formule 6.10.a is niet maatgevend)	$\gamma_{Q,j} =$	1,35 -
rekenwaarde buigtrekspanning	$f_{m,0,d} =$	12,46 N/mm ²
elasticiteitsmodulus	$E_d =$	9000 N/mm ²
nodig		
spantbeen	W_y	190 cm ³
	I_y	1265 cm ⁴
horizont.regel	W_y	161 cm ³
	I_y	756 cm ⁴
aanwezig		
	W_y	346 cm ³
	I_y	2958 cm ⁴
	W_y	346 cm ³
	I_y	2958 cm ⁴



sneeuwfactor μ_{L1} links	=	0,53	-
sneeuwfactor $0,5 \mu_{L1}$ rechts	=	0,27	-
$q_{p(z)}$ Stuwdruk wind	=	0,49	kN/m ²
C_{pe} op linker dak	=	0,57	-
C_{pe} op rechter dak	=	-0,37	-
C_{pi} onder / overdruk	=	-0,30	-
factor sneeuw referentieperiode	f =	1,00	-



belastingen per m²

sneeuw links $s_{n1} = \mu_{i1} * C_{te} * C_{ti} * S_k * f$	=	0,53	1,0	1,0	0,7	1,0	=	0,37	kN/m ²		
sneeuw rechts $s_{n1} = 0,5 \mu_{i1} * C_{te} * C_{ti} * S_k * f$	=	0,5	0,53	1,0	1,0	0,7	1,0	=	0,19	kN/m ²	
wind links $w_e + w_{if} = (C_{pe} + C_{pi}) * q_{p(z)}$	=	(	0,57	+	0,30	)	*	0,49	=	0,43	kN/m ²
wind rechts $w_e + w_{if} = (C_{pe} + C_{pi}) * q_{p(z)}$	=	(	-0,37	+	0,30	)	*	0,49	=	-0,03	kN/m ²

q-belasting op spantbenen en regel

G _{rep} op spantbeen	= a * G _{dak} / cos α	=	3	*	0,7	/	0,766	=	2,74	kN/m'	grondvlak
Q _{sneeuw linker dak}	= a * S _{n,links}	=	3	*	0,37	=		=	1,12	kN/m'	grondvlak
Q _{sneeuw rechter dak}	= a * S _{n,rechts}	=	3	*	0,19	=		=	0,56	kN/m'	grondvlak
Q _{wind linker dak}	= a * W _{e+,links}	=	3	*	0,43	=		=	1,29	kN/m'	dakvlak
Q _{wind rechter dak}	= a * W _{e+,rechts}	=	3	*	-0,03	=		=	-0,10	kN/m'	dakvlak
G _{rep} op regel	= a * G _{vloer}	=	3	*	0,40	=		=	1,20	kN/m'	grondvlak
Q _{rep} op regel	= a * Q _{vloer}	=	3	*	1,50	=		=	4,50	kN/m'	grondvlak

representatieve waarden

belasting	eg dak	wind	sneeuw	eg vlr	vb vlr
links	2,74	1,29	1,12	1,20	4,50
rechts	2,74	-0,10	0,56	-	-
V ₁	= -6,9	-1,7	-2,5	-0,9	-3,2
V ₂	= -6,9	-1,2	-1,8	-0,9	-3,2
H ₁	= 5,8	-0,6	1,8	1,0	3,8
H ₂	= -5,8	-2,3	-1,8	-1,0	-3,8
M ₃	= -0,8	0,4	-0,1	0,0	0,0
M ₄	= 0,0	0,0	0,0	0,3	1,1
M ₅	= -0,8	-1,1	-0,4	0,0	0,0
N ₃	= -5,7	-0,7	-1,7	-1,3	-5,0
N ₄	= -6,0	-2,2	-1,9	-1,0	-3,8
N ₅	= -5,7	-2,6	-1,8	-1,3	-5,0
U _{6,midden}	= 0,9	4,2	1,2	0,0	0,0
U _{4,vert}	= 0,0	0,0	0,0	0,2	0,9

uiterste grenstoestand

		6.10.b			
combinatie		eg +	eg +	eg +	
		wind	sneeuw	vloer	
V ₁	=	-12,4	-13,4	-12,7	kN
V ₂	=	-11,7	-12,4	-12,7	kN
H ₁	=	8,7	11,8	12,5	kN
H ₂	=	-12,6	-11,8	-12,5	kN
M ₃	=	-0,3	-1,0	-0,9	kNm
M ₄	=	0,9	0,9	1,9	kNm
M ₅	=	-2,3	-1,5	-0,9	kNm
N ₃	=	-11,2	-12,5	-14,3	kN
N ₄	=	-12,7	-12,2	-12,8	kN
N ₅	=	-13,8	-12,8	-14,3	kN

bij de combinaties met sneeuw en wind is de vloer momentaan gerekend

toetsing uiterste grenstoestand spantbenen (knoop 3 en 5)

art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning $6,19 \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 0$

	N _{c,Ed}	M _{y,Ed}	A	W _y	σ _{c,0,d}	f _{c,0,d}	σ _{m,y,d}	f _{m,y,d}	UC
	kN	kNm	cm ²	cm ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	-
knoop 3									
eigen gewicht + wind	11,23	0,30	121,4	346,0	0,93	12,46	0,87	12,46	0,08
eigen gewicht + sneeuw	12,52	1,00	121,4	346,0	1,03	12,46	2,90	12,46	0,24
eigen gewicht + vloer	14,33	0,90	121,4	346,0	1,18	12,46	2,60	12,46	0,22
knoop 5									
eigen gewicht + wind	13,79	2,33	121,4	346,0	1,14	12,46	6,73	12,46	0,55
eigen gewicht + sneeuw	12,79	1,49	121,4	346,0	1,05	12,46	4,29	12,46	0,35
eigen gewicht + vloer	14,33	0,90	121,4	346,0	1,18	12,46	2,60	12,46	0,22

art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk $6,35 \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{krit} f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} < 0$

	N _{c,Ed}	M _{y,Ed}	A	W _y	σ _{c,0,d}	f _{c,0,d}	k _{krit}	σ _{m,y,d}	f _{m,y,d}	k _{c,z}	UC
	kN	kNm	cm ²	cm ³	N/mm ²	N/mm ²	-	N/mm ²	N/mm ²	-	-
knoop 3											
eigen gewicht + wind	11,23	0,30	121,4	346,0	0,93	12,46	1,00	0,87	12,46	0,97	0,08
eigen gewicht + sneeuw	12,52	1,00	121,4	346,0	1,03	12,46	1,00	2,90	12,46	0,97	0,14
eigen gewicht + personen	14,33	0,90	121,4	346,0	1,18	12,46	1,00	2,60	12,46	0,97	0,14
knoop 5											
eigen gewicht + wind	13,79	2,33	121,4	346,0	1,14	12,46	1,00	6,73	12,46	0,97	0,39
eigen gewicht + sneeuw	12,79	1,49	121,4	346,0	1,05	12,46	1,00	4,29	12,46	0,97	0,21
eigen gewicht + vloer	14,33	0,90	121,4	346,0	1,18	12,46	1,00	2,60	12,46	0,97	0,14



toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand spantbenen (knoop 6)

vervorming tgv kruip: $u_{kruip} = k_{def} * (G_{kj} + \psi_2 Q_{k,1}) = 0,60$ (0,9 + 0,30 0,0) = 0,5 mm

belastingcombinatie	u_{on}	$u_{elastisch}$	u_{kruip}	u_{eind}	$u_{eind,toe}$	u.c.	u_{bij}	$u_{bij,toe}$	u.c.
	mm	mm	mm	mm	mm	-	mm	mm	-
eigen gewicht + wind	0,9	4,2	0,5	5,6	13,1	0,43	4,7	13,1	0,36
eigen gewicht + sneeuw	0,9	1,2	0,5	2,6	13,1	0,20	1,7	13,1	0,13
eigen gewicht + vloer	0,9	0,0	0,5	1,4	13,1	0,11	0,5	13,1	0,04

toetsing uiterste grenstoestand horizontale regel (knoop 4)

art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning $6,19 \left(\frac{\sigma_{c,0;d}}{f_{c,0;d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y;d}}{f_{m,y;d}} < 0$

	$N_{c,Ed}$	$M_{y,Ed}$	A	W_y	$\sigma_{c,0;d}$	$f_{c,0;d}$	$\sigma_{m,y;d}$	$f_{m,y;d}$	UC
	kN	kNm	cm ²	cm ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	-
eigen gewicht + wind	12,69	0,95	121,4	346,0	1,05	12,46	2,73	12,46	0,23
eigen gewicht + sneeuw	12,18	0,95	121,4	346,0	1,00	12,46	2,73	12,46	0,23
eigen gewicht + vloer	12,78	1,87	121,4	346,0	1,05	12,46	5,41	12,46	0,44

art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk $6,35 \left(\frac{\sigma_{m,y;d}}{k_{krit} f_{m,y;d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0;d}}{k_{c,z} f_{c,0;d}} < 0$

	$N_{c,Ed}$	$M_{y,Ed}$	A	W_y	$\sigma_{c,0;d}$	$f_{c,0;d}$	k_{krit}	$\sigma_{m,y;d}$	$f_{m,y;d}$	$k_{c,z}$	UC
	kN	kNm	cm ²	cm ³	N/mm ²	N/mm ²	-	N/mm ²	N/mm ²	-	-
eigen gewicht + wind	12,69	0,95	121,4	346,0	1,05	12,46	1,00	2,73	12,46	0,30	0,32
eigen gewicht + sneeuw	12,18	0,95	121,4	346,0	1,00	12,46	1,00	2,73	12,46	0,30	0,31
eigen gewicht + vloer	12,78	1,87	121,4	346,0	1,05	12,46	1,00	5,41	12,46	0,30	0,47

toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand horizontale regel (knoop 4)

vervorming tgv kruip: $u_{kruip} = k_{def} * (G_{kj} + \psi_2 Q_{k,1}) = 0,60$ (0,2 + 0,30 0,9) = 0,3 mm

belastingcombinatie	u_{on}	$u_{elastisch}$	u_{kruip}	u_{eind}	$u_{eind,toe}$	u.c.	u_{bij}	$u_{bij,toe}$	u.c.
	mm	mm	mm	mm	mm	-	mm	mm	-
eigen gewicht + vloer	0,2	0,9	0,3	1,5	5,7	0,26	1,2	5,7	0,21

opmerking: