



M-Kappa diagram rechthoekige betondoorsnede in Eurocode

400 x 500

algemene gegevens

werk
 werknummer
 onderdeel

werk
 werknummer
 onderdeel

M-kappa diagram invoergegevens

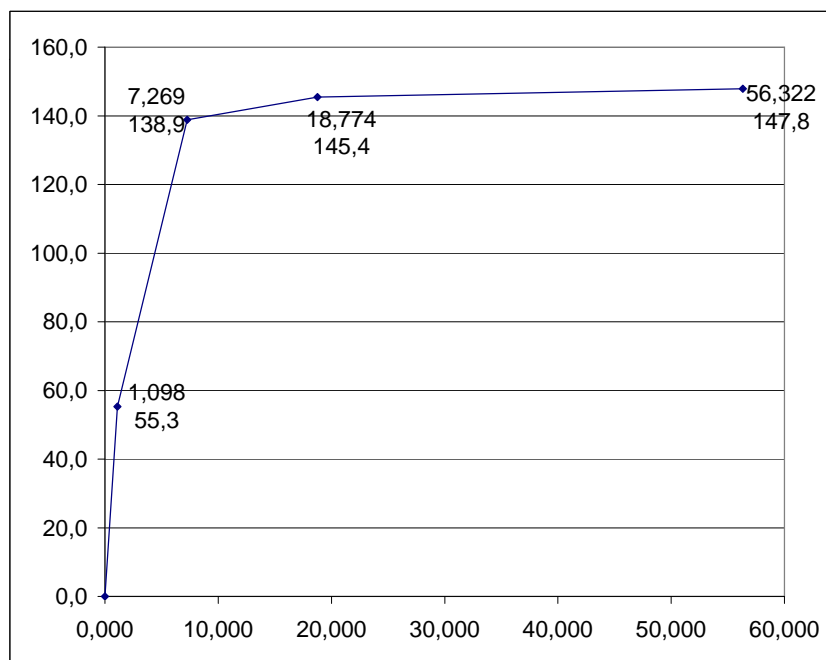
betonkwaliteit	=	=	C28/35
staalsoort	=	=	B 500
betonbreedte	b	=	400 mm
betonhoogte	h	=	500 mm
betondekking	c	=	35 mm
diameter beugel	d,bgl	=	8 mm
gemiddelde diameter hoofdwapening	d,hw	=	16 mm
aanwezige wapening aan trekzijde	As	=	800 mm ²
wapeningsklasse	A, B of C (gebruikelijke kwaliteit is klasse A)	=	A

berekening v.d. stijfheid bij een moment : M_{Ed} = 120 kNm

bijbehorende waarde stijfheid $(EI)_{Ed}$ = 2,042 $\cdot 10^4$ kNm²

controle relatieve verlengingen en verkortingen (maximum waarde drie controles) = 0,97

het getekende M-kappa- diagram





onderdeel

M-kappa diagram resultaten

scheurmoment	M_r	=	55,3	kNm
vloeimoment	M_y	=	138,9	kNm
stuikmoment	$M_{c,pl}$	=	145,4	kNm
bezwijkmoment	M_{Rd}	=	147,8	kNm
stijfheid bij scheurmoment	$(EI)_0$	=	5,034	$\cdot 10^4$ kNm ²
stijfheid bij vloeimoment	$(EI)_y$	=	1,910	$\cdot 10^4$ kNm ²
stijfheid bij stuikmoment	$(EI)_{c,pl}$	=	0,775	$\cdot 10^4$ kNm ²
stijfheid bij bezwijkmoment	$(EI)_{Rd}$	=	0,262	$\cdot 10^4$ kNm ²
onderste waarden van de tak:	moment M1	=	55,3	kNm
	K_1	=	1,098	$\cdot 10^{-3}$ /m
bovenste waarden van de tak:	moment M2	=	138,9	kNm
	K_2	=	7,269	$\cdot 10^{-3}$ /m
optreedende waarden:	K_d	=	5,876	$\cdot 10^{-3}$ /m
	stijfheid $(EI)_{Ed}$	=	2,042	$\cdot 10^4$ kNm ²
	$E_{eff,Ed}$	=	0,4901	$\cdot 10^4$ kNm ²

berekening 4 punten van het M-kappa diagram

cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	28	N/mm ²
kubusdruksterkte	f_{ck}	=	35	N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{ctm} = f_{ck} + 8$	=	36	N/mm ²
betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	=	18,67	N/mm ²
staaltreksterkte	f_{yk}	=	500,00	N/mm ²
cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$ als $f_{ck} < 50$ of $f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10)$	=	2,77	N/mm ²
staaltreksterkte	f_{yd}	=	435	N/mm ²
elasticiteitsmodulus staal	E_s	=	200000	N/mm ²
traagheidsmoment	I	=	0,00417	m ⁴
nuttige hoogte	d	=	449	mm
wapeningspercentage	ρ_1	=	0,445	%

berekening van punt 1

hoogte betondrukzone ongescheurd	$\sigma_{ct} = f_{ctm}$	scheurmoment		
elasticiteitsmodulus beton	$x_{ong} = (bh \cdot 0,5h + A_s E_s / E_c \cdot d) / (bh + A_s E_s / E_c)$	=	264	mm
relatieve verkorting drukzone beton	$E_c = f_{cd} / \epsilon_{c3}$	=	10667	N/mm ²
traagheidsmoment	ϵ_{c3}	=	1,75	$\cdot 10^{-3}$
relatieve verlenging trekzone beton	$I_0 = \frac{1}{12} bh^3 + bh \cdot (x - 0,5h)^2 + A_s E_s / E_c \cdot (d - x)^2$	=	0,00472	m ⁴
relatieve verlenging staal	$\epsilon_{ct} = f_{ctm} / E_c$	=	0,259	$\cdot 10^{-3}$
staalspanning	$\epsilon_s = (d - x) / (h - x) \cdot \epsilon_{ct}$	=	0,203	$\cdot 10^{-3}$
relatieve verkorting drukzone beton	$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s$	=	40,7	N/mm ²
betondrukspanning	$\epsilon_c = x / (h - x) \cdot \epsilon_{ct}$	=	0,290	$\cdot 10^{-3}$
scheurmoment	$\sigma_c = E_c \cdot \epsilon_c$	=	3,1	N/mm ²
kromming	$M_r = f_{ctm} \cdot I_0 / (h - x)$	=	55,3	kNm
stijfheid bij scheurmoment	$K_r = (\epsilon_c + \epsilon_s) / d$	=	1,098	$\cdot 10^{-3}$ /m
elasticiteitsmodulus doorsnede	$(EI)_0 = M_r / K_r$	=	5,034	$\cdot 10^4$ kNm ²
	$E_{eff,0} = (EI)_0 / I$	=	1,2081	$\cdot 10^4$ kNm ²

berekening van punt 2

hoogte betondrukzone	$\sigma_s = f_{yd}$	vloeimoment		
	$x_y = \{ -b + \sqrt{(b^2 - 4ac)} \} / 2a$	=	150	mm
	term $a = 0,5 b E_c / E_s$	=	10,6667	-
	term $b = A_s$	=	800	-
	term $c = -A_s \cdot d$	=	-359200	-
minimum relatieve verlenging staal	$\epsilon_s = f_{yd} / E_s$	=	2,175	$\cdot 10^{-3}$
staalspanning	$\sigma_s = f_{yd}$	=	435	N/mm ²
relatieve verkorting drukzone beton	$\epsilon_c = x / (d - x) \cdot \epsilon_s$	=	1,089	$\cdot 10^{-3}$
betondrukspanning	$\sigma_c = 2 \cdot A_s / (bx)$	=	11,6	N/mm ²
vloeimoment	$M_y = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \frac{1}{3} x)$	=	138,9	kNm
kromming	$K_y = (\epsilon_c + \epsilon_s) / d$	=	7,269	$\cdot 10^{-3}$ /m
stijfheid bij vloeimoment	$(EI)_y = M_y / K_y$	=	1,910	$\cdot 10^4$ kNm ²
elasticiteitsmodulus doorsnede	$E_{eff,y} = (EI)_y / I$	=	0,4585	$\cdot 10^4$ kNm ²
controle $\epsilon_c / \epsilon_{c3} < 1,0$	1,089 / 1,75	=	0,62	-

onderdeel

berekening van punt 3

hoogte betondrukzone	$\epsilon_c = \epsilon_{c3}$	stuikmoment		
	$x_{c,pl} = 2 \cdot A_s \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})$	=	93	mm
	ϵ_{uk} art. 3,2,7 (2)	=	25	$\cdot 10^{-3}$
	$\epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk}$	=	22,5	$\cdot 10^{-3}$
relatieve verlenging staal	$\epsilon_s = (d - x) / x \cdot \epsilon_{c3}$	=	6,680	$\cdot 10^{-3}$
staalspanning	$\sigma_s = f_{yd}$	=	435	N/mm ²
relatieve verkorting drukzone beton	$\epsilon_c = \epsilon_{c3}$	=	1,75	$\cdot 10^{-3}$
betondrukspanning	$\sigma_c = f_{cd}$	=	18,7	N/mm ²
stuikmoment	$M_{c,pl} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \frac{1}{3} x)$	=	145,4	kNm
kromming	$K_{c,pl} = (\epsilon_{c3} + \epsilon_s) / d$	=	18,774	$\cdot 10^{-3}$ /m
stijfheid bij stuikmoment	$(EI)_{c,pl} = M_{c,pl} / K_{c,pl}$	=	0,775	$\cdot 10^4$ kNm ²
elasticiteitsmodulus doorsnede	$E_{eff,c,pl} = (EI)_{c,pl} / I$	=	0,1859	$\cdot 10^4$ kNm ²
controle $\epsilon_s / \epsilon_{ud} = \epsilon_s / 0,9 \epsilon_{uk} < 1,0$	6,680 / 22,5	=	0,30	-

berekening van punt 4

hoogte betondrukzone	$\epsilon_c = \epsilon_{cu3}$	bezwijkmoment		
	$x_u = A_s \cdot f_{yd} / (\alpha \cdot b \cdot f_{cd})$	=	62	mm
zwaartepuntsafstand	$z = (d - \beta \cdot x_u)$	=	425	mm
	$\alpha =$	=	0,75	-



	$\beta =$	=	0,39	-
	ε_{uk} art. 3,2,7 (2)	=	25	‰
	$\varepsilon_{ud} = 0,9\varepsilon_{uk}$	=	22,5	‰
relatieve verlenging staal	$\varepsilon_s = (d-x) / x * \varepsilon_{cu3}$	=	21,789	‰
staalspanning	$\sigma_s = f_{yd}$	=	435,0	N/mm ²
relatieve verkorting drukzone beton	$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3}$	=	3,50	‰
betondrukspanning	$\sigma_c = f_{cd}$	=	18,7	N/mm ²
bezwijkmoment	$M_{Rd} = A_s * f_{yd} * z$	=	147,8	kNm
kromming	$\kappa_{Rd} = (\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_s) / d$	=	56,322	$\cdot 10^{-3} / m$
stijfheid bij bezwijkmoment	$(EI)_{Rd} = M_{Rd} / \kappa_{Rd}$	=	0,262	$\cdot 10^4 \text{ kNm}^2$
elasticiteitsmodulus doorsnede	$E_{eff,Rd} = (EI)_{Rd} / I$	=	0,0630	$\cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$
controle $\varepsilon_s / \varepsilon_{ud} = \varepsilon_s / 0,9\varepsilon_{uk} < 1,0$	21,789 / 22,5	=	0,97	-

opmerking: