



DakoSoftware
Spreadsheets for Structural Engineering

Validatie spreadsheet

Dwarskracht en wrijving berekening beton

Conform Eurocode NEN-EN 1992-1-1



Inhoudsopgave

1	Algemeen	2
2	Doel spreadsheet	2
3	Handleiding	2
3.1	Invoer/uitvoer	2
3.2	Specifieke aandachtspunten	2
3.3	Randvoorwaarden	2
4	Controle spreadsheet	3
Bijlage A	→ Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met wringing	
Bijlage B	→ Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met druk en dwarskracht	
Bijlage C	→ Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met trek, dwarskracht en wringing	

¶

.....Pagina-einde



1 Algemeen

In dit rapport wordt de spreadsheet BE Reinforcement V and T gevalideerd. De spreadsheet controleert de schuifspanningen van een rechthoekige doorsnede belast op dwarskracht en/of wringing.

In hoofdstuk 2 wordt het doel van de spreadsheet omschreven. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens een globale handleiding voor de spreadsheet gegeven. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 een aantal spreadsheet berekeningen gecontroleerd d.m.v. een handberekening.

2 Doel spreadsheet

Het doel van de spreadsheet is om, op eenvoudige manier snel een betoncontrole op dwarskracht uit te voeren. De spreadsheet controleert de capaciteit van de doorsnede t.a.v. dwarskracht en wringing. Indien nodig wordt de benodigde wapening bepaald en gecontroleerd. De spreadsheet is gebaseerd op:

- NEN-EN 1992-1-1 (norm);
- C2 (wijzigingsblad);
- NEN-EN 1992-1-1 NB:2011 (nationale bijlage).

Enige kennis van de betonnorm Eurocode 2 en constructief inzicht zijn wel een vereiste voor toepassing van de spreadsheet.

3 Handleiding

3.1 Invoer/uitvoer

De invoer en uitvoer van de spreadsheet spreken voor zich. De naamgeving van de verschillende variabelen is conform de Eurocode 2, indien men bekend is met deze norm is het invoeren van de spreadsheet duidelijk en overzichtelijk.

3.2 Specifieke aandachtspunten

- De wringing wordt opgenomen door de buitenbeugel, de dwarskracht wordt vervolgens verdeeld over de buitenbeugel en de eventuele overige doorsneden.
- De langswapening t.b.v. wringing wordt enkel bepaald ter informatie. Deze wapening wordt verder niet getoetst aan bijvoorbeeld buigtrekspanningen.

3.3 Randvoorwaarden

- De spreadsheet is enkel geschikt voor rechthoekige doorsneden.
- Er wordt geen rekening gehouden met sparingen in de doorsnede.
- De spreadsheet werkt voor de betonklassen tot C90/105.



4 Controle spreadsheet

In de bijlage A t/m C is de spreadsheet voor verschillende situaties vergeleken met een handmatige berekening. De bijlagen hebben de volgende inhoud:

- Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met wringing (zie bijlage A)
- Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met druk en dwarskracht (zie bijlage B)
- Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met trek, dwarskracht en wringing (zie bijlage C)

In elke bijlage is allereerst een uitdraai van de spreadsheet toegevoegd, vervolgens de handmatige controle. De waarden berekend in de handmatige controle zijn te controleren in de spreadsheet. De kleine verschillen zijn te verklaren door afrondingen.



DakoSoftware
Spreadsheets for Structural Engineering

Bijlage A Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met wringing

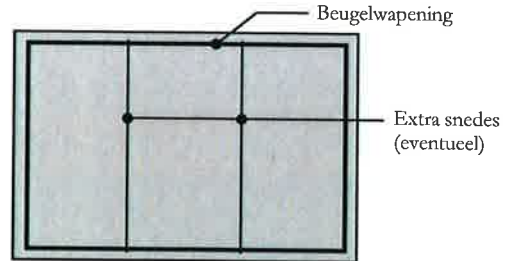
Geometrie			Beton	
Hoogte h	600	mm	$f_{ck} =$	C35/45 35 N/mm ²
Betondekking c	50	mm	$f_{ctk,0.05} =$	2,25 N/mm ²
Beugelwapening	16	mm	$\gamma_c =$	1,5
Hoofdwapening	16	mm	$\alpha_{cc} =$	1,00 factor langeduur effect
Breedte b	400	mm	$f_{cd} =$	23,33 N/mm ²
Netto hoogte d	526	mm	$\alpha_{ct} =$	1,00 factor langeduur effect
			$f_{ctd} =$	1,50 N/mm ²

Aanwezige buigwapening

Staven laag 1	4	stuks	$\phi_{km} =$ 16 mm
Staven laag 2	0	stuks	$\phi_{km} =$ 0 mm
$A_s =$	804	mm ²	$\rho_l =$ 0,004
$\alpha =$	90	° hoek tussen dw.kr.wap en as ligger	
$\theta =$	45	° hoek tussen drukdiag. en as ligger	
$\cotg \theta =$	1,00	min. 1; max. 2,5 accoord	

Betonstaalsoort

Klasse	B500B	$\gamma_c =$ 1,15
$f_{ywd} =$	435 N/mm ²	Vloeispanning



Belastingen

$N_d =$	0,0	kN druk	Normaalkracht
$T_{Ed} =$	300,0	kNm	Torsie
$V_{Ed} =$	0,0	kN	Dwarskracht
$\sigma_{cp} =$	0,00	N/mm ²	druk 0,00 f_{cd}

Weerstand van de doorsnede zonder wapening

$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ met een minimum van: $V_{Rd,c \text{ minimum}} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

$k = 1 + (200 / d)^{0.5} = 1,62 \leq 2,0$ $k = 1,62$ $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$

$v_{min} = 0,035 k^{3/2} \times f_{ck}^{0.5} = 0,426$ $k_1 = 0,15$ $V_{Rd,c \text{ minimum}} = 90 \text{ kN}$

$V_{Rd,c} = 97 \text{ kN}$ **$V_{Rd,c} = 97 \text{ kN}$**

$T_{Rd,c} = f_{ctd} \times t_{ef} \times 2 \times A_k$

$A = 2,40E+05 \text{ mm}^2$ $A_k = z_b \times z_h = 1,34E+05 \text{ mm}^2$

$u = 2 \times (b+h) = 2000 \text{ mm}$ $u_k = 2 \times (z_b + z_h) = 1520 \text{ mm}$

$t_{ef} = A / u = 120 \text{ mm}$ $V_{Ed,b} = T_{ed} \times z_b / (2 \times A_k) = 313 \text{ kN}$

$z_b = b - t_{ef} = 280 \text{ mm}$ $V_{Ed,h} = T_{ed} \times z_h / (2 \times A_k) = 536 \text{ kN}$

$z_h = h - t_{ef} = 480 \text{ mm}$ **$T_{Rd,c} = 48 \text{ kNm}$**

Maximale weerstand van de doorsnede

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta \times \tan \theta)$ $v_1 = 0,52$ $\alpha_{cw} = 1,00$ **$V_{Rd,max} = 2280 \text{ kN}$**

$T_{Rd,max} = 2 \times v_1 \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times (\sin \theta + \cos \theta)$ **$T_{Rd,max} = 549 \text{ kNm}$**

Toetsing

$T_{Ed} / T_{Rd,c}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	<	1	
6,21	+	0,00	6,21	>	1 extra wapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,c}$				<	1
6,21			6,21	>	1 extra wringwapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,max}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	<	1	
0,55	+	0,00	0,55	<	1 doorsnede accoord

Wapening benodigd

$A_{sw,T;bgls;b/o} =$	1497	mm ² /m ¹	Dubbelsnedig	(boven en onderzijde)
$A_{sw,T;bgls;fl} =$	2567	mm ² /m ¹	Dubbelsnedig	(flanken)
$A_{sw,V;bgls} =$	0	mm ² /m ¹	Dubbelsnedig	
Buitenste beugel (dubbelsnedig)			$\sigma_{yd} =$ 416 N/mm ²	
$A_{sw;bgls;fl;tot} =$	2567	mm ² /m ¹	1 beugel	16 - 150 = 2681 mm ² accoord
Extra snedes (eventueel)				
$A_{sw;snds;tot} =$	0	mm ² /m ¹	0 snedes	0 - 0 = 0 mm ² accoord
$A_{sl;T;tot} =$	3902	mm ²	totaal benodigde langswapening met fywd	
$A_{sl;T;zij} =$	1171	mm ²	extra benodigde wapening in zijvlakken	
$A_{sw;T;o/b} =$	780	mm ²	extra benodigde momentwapening in boven- en ondervlak	

toetsing dwarskracht en wringing accoord!

Bijkomende trekkacht ΔF_{td} in de langswapening ten gevolge van dwarskracht (optellen bij $A_{sw;T;o/b}$)

$\Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 0,0 \times (1,00 - 0,00) = 0 \text{ kN} \rightarrow A_{sl;ben} = 0 \text{ mm}^2$

$(M_{Ed}/z) + \Delta F_{td} < M_{Ed,max}/z$; $M_{Ed,max}$ is het maximale moment van de ligger

Controle wrijving

$$\text{Hoogte } h = 600 \text{ mm}$$

$$c = 50 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Hoofdwapening } 4 \bar{\Phi} 16 = 804 \text{ mm}^2 \rightarrow \rho_l = 0,004$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \theta = 45^\circ$$

$$\text{Beton : C35/45} \quad f_{cd} = 23,33 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctd} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Bew. staal : B500B}$$

Belastingen

$$T_{Ed} = 300 \text{ kNm}$$

Capaciteit tegen wrijving

$$T_{Rd;c} = f_{ctd} \cdot t_{ef} \cdot 2 \cdot A_k$$

$$A = 600 \times 400 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$u = 2 \times (b + h) = 2 \times (600 + 400) = 2000 \text{ mm}$$

$$t_{ef} = \frac{240000}{2000} = 120 \text{ mm}$$

$$z_b = b - t_{ef} = 280 \text{ mm}$$

$$z_h = h - t_{ef} = 480 \text{ mm}$$

$$A_k = 2b \cdot z_h = 134400 \text{ mm}^2$$

$$T_{Rd;c} = 1,5 \cdot 120 \cdot 2 \cdot 134400 = 48,3 \text{ kNm} < T_{Ed} = 300 \text{ kNm}$$

→ wapening nodig

$$A_{sw}; T_{l}; b_{gl}; s; f_{l} = \frac{T_d}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd} \cdot \cos \theta} = \frac{300 \cdot 10^6}{2 \cdot 134900 \cdot 435 \cdot 1} = 2566 \text{ mm}^2$$

toepassen $b_{gl} \text{ } \# 16-150 = 2600 \text{ mm}^2$

Controle doorsnede

$$T_{Rd;max} = 2 \cdot v_1 \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot (\sin \theta + \cos \theta)$$

$$v_1 = 0,52$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$T_{Rd;max} = 540 \text{ kNm} > 300 \text{ kNm} \rightarrow \text{doorsnede alhoord!}$$



DakoSoftware
Spreadsheets for Structural Engineering

Bijlage B Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met druk en dwarskracht



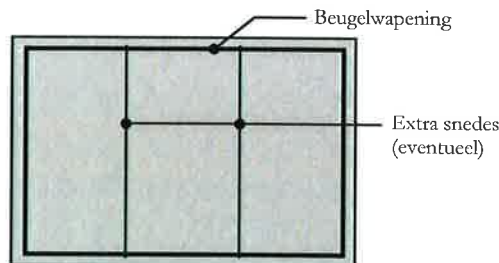
Geometrie			Beton		C35/45	
Hoogte h	600	mm	$f_{ck} =$	35 N/mm ²		
Betondekking c	50	mm	$f_{ctk,0,05} =$	2,25 N/mm ²		
Beugelwapening	16	mm	$\gamma_c =$	1,5		
Hoofdwapening	16	mm	$\alpha_{cc} =$	1,00 factor langeduur effect		
Breedte b	400	mm	$f_{cd} =$	23,33 N/mm ²		
Netto hoogte d	526	mm	$\alpha_{ct} =$	1,00 factor langeduur effect		
			$f_{ctd} =$	1,50 N/mm ²		

Aanwezige buigwapening

Staven laag 1	4	stuks	$\phi_{km} =$	16	mm
Staven laag 2	0	stuks	$\phi_{km} =$	0	mm
$A_s =$	804	mm ²	$\rho_l =$	0,004	
$\alpha =$	90	° hoek tussen dw.kr.wap en as ligger			
$\theta =$	45	° hoek tussen drukdiag. en as ligger			
$\cotg \theta =$	1,00	min. 1; max. 2,5 accord			

Betonstaalsoort

Klasse	B500B	$\gamma_c =$	1,15
$f_{ywd} =$	435	N/mm ²	Vloeispanning



Belastingen

$N_d =$	-300,0	kN druk	Normaalkracht
$T_{Ed} =$	0,0	kNm	Torsie
$V_{Ed} =$	400,0	kN	Dwarskracht
$\sigma_{cp} =$	-1,25	N/mm ²	druk 0,05 f_{cd}

Weerstand van de doorsnede zonder wapening

$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ met een minimum van: $V_{Rd,c \text{ minimum}} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

$k = 1 + (200 / d)^{0,5} = 1,62 \leq 2,0$ $k = 1,62$ $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$

$v_{min} = 0,035k^{3/2} \times f_{ck}^{0,5} = 0,426$ $k_1 = 0,15$ $V_{Rd,c \text{ minimum}} = 129 \text{ kN}$

$V_{Rd,c} = 136 \text{ kN}$ **$V_{Rd,c} = 136 \text{ kN}$**

$T_{Rd,c} = f_{ctd} \times t_{ef} \times 2 \times A_k$

$A = 2,40E+05 \text{ mm}^2$

$u = 2 \times (b+h) = 2000 \text{ mm}$

$t_{ef} = A / u = 120 \text{ mm}$

$z_b = b - t_{ef} = 280 \text{ mm}$

$z_h = h - t_{ef} = 480 \text{ mm}$

$A_k = z_b \times z_h = 1,34E+05 \text{ mm}^2$

$u_k = 2 \times (z_b + z_h) = 1520 \text{ mm}$

$V_{Ed,b} = T_{cd} \times z_b / (2 \times A_k) = 0 \text{ kN}$

$V_{Ed,h} = T_{cd} \times z_h / (2 \times A_k) = 0 \text{ kN}$

$T_{Rd,c} = 48 \text{ kNm}$

Maximale weerstand van de doorsnede

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta \times \tan \theta)$ $v_1 = 0,52$ $\alpha_{cw} = 1,05$ **$V_{Rd,max} = 2402 \text{ kN}$**

$T_{Rd,max} = 2 \times v_1 \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times (\sin \theta + \cos \theta)$ **$T_{Rd,max} = 579 \text{ kNm}$**

Toetsing

$T_{Ed} / T_{Rd,c}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	<	1	
0,00	+	2,93	>	1	extra wapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,c}$		=	<	1	
0,00		0,00	<	1	geen extra wringwapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,max}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	<	1	
0,00	+	0,17 =	<	1	doorsnede accord

Wapening benodigd

$A_{sw,T;bgl;b/o} = 0 \text{ mm}^2/\text{m}^1$ Dubbelsnedig (boven en onderzijde)

$A_{sw,T;bgl;fl} = 0 \text{ mm}^2/\text{m}^1$ Dubbelsnedig (flanken)

$A_{sw,V;bgl} = 1917 \text{ mm}^2/\text{m}^1$ Dubbelsnedig

Buitenste beugel (dubbelsnedig) $\sigma_{y,d} = 414 \text{ N/mm}^2$

$A_{sw;bgl;fl;tot} = 1917 \text{ mm}^2/\text{m}^1$ 1 beugel $16 - 200 = 2011 \text{ mm}^2$ **accord**

Extra snedes (eventueel) $A_{sw;snds;tot} = 0 \text{ mm}^2/\text{m}^1$ 0 snedes $0 - 0 = 0 \text{ mm}^2$ **accord**

$A_{sl;T;tot} = 0 \text{ mm}^2$ totaal benodigde langwapening met fywd

$A_{sl;T;zij} = 0 \text{ mm}^2$ extra benodigde wapening in zijvlakken

$A_{sw;T;o/b} = 0 \text{ mm}^2$ extra benodigde momentwapening in boven- en ondervlak

toetsing dwarskracht en wringing accord!

Bijkomende trekkacht ΔF_{td} in de langwapening ten gevolge van dwarskracht (optellen bij $A_{sw;T;o/b}$)

$\Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 400,0 \times (1,00 - 0,00) = 200 \text{ kN} \rightarrow A_{sl;ben} = 460 \text{ mm}^2$

$(M_{Ed;z} / z) + \Delta F_{td} < M_{Ed,max} / z$; $M_{Ed,max}$ is het maximale moment van de ligger

Controle druk en dwarskracht

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$c = 50 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} h = 600 \text{ mm} \\ c = 50 \text{ mm} \\ b = 400 \text{ mm} \end{array} \right\} \phi 16 \rightarrow d = 526 \text{ mm}$$

$$\text{Hoofdwapening } 4 \phi 16 = 804 \text{ mm}^2 \rightarrow \rho_R = 0,004$$

$$\alpha = 50^\circ \quad \theta = 45^\circ$$

$$\text{Beton C35/45 } f_{ch} = 35 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cd} = 23,3 \text{ N/mm}^2$$

Betonstaal: B500B

Belastingen

$$N_d = -300 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{cp} = \frac{-300 \cdot 10^3}{600 \cdot 400} = -1,25 \text{ N/mm}^2 \quad (0,05 f_{cd})$$

$$V_{Ed} = 400 \text{ kN}$$

Weerstand zonder wapening

$$V_{Rd;c} = [C_{Rd;c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ch})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{1,5} = 1,62$$

$$C_{Rd;c} = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd;c} = 136 \text{ kN}$$

$$V_{Rd;c; \text{minimum}} = [v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ch}^{0,5} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd;c; \text{minimum}} = 129 \text{ kN} < 136 \text{ kN} \rightarrow \underline{\underline{V_{Rd;c} = 136 \text{ kN}}}$$

$$V_{Rd;c} < V_{Ed} \quad (136 < 400) \rightarrow \text{wapening nodig!}$$

$$A_{sw, v; b; ls} = \frac{V_{Ed}}{z_h \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta} = \frac{400 \cdot 10^3}{400 \cdot 435 \cdot 1} = 1915 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$z_h = 480 \text{ mm} \quad (\text{zie bijlage A})$$

$$\text{Toepassing: bijl. FIG-200} = 2011 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Contrac doorsnede

$$V_{Rd;max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot 2 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta \cdot \tan \theta)$$

$$v_1 = 0,52 \quad \alpha_{cw} = 1,05$$

$$V_{Rd;max} = 2400 \text{ kN} > V_{Ed} = 400 \text{ kN} \rightarrow \text{doorsnede allekoord.}$$



DakoSoftware
Spreadsheets for Structural Engineering

**Bijlage C Spreadsheet en handmatige controle doorsnede met trek, dwarskracht en
wringing**

Projectnaam: -**Projectnummer:** -**Onderdeel: Trek, dwarskracht en wringing**

Constructeur:

D. Kosterink

Datum 22-4-2013

Versie:

Toetsing dwarskracht + wringing in betondoorsnede volgens EC 1992-1**Geometrie**

Hoogte h	600	mm
Betondekking c	50	mm
Beugelwapening	12	mm
Hoofdwapening	16	mm
Breedte b	400	mm
Netto hoogte d	530	mm

Beton**C35/45**

$f_{ck} =$	35	N/mm ²
$f_{ctk,0.05} =$	2,25	N/mm ²
$\gamma_c =$	1,5	
$\alpha_{cc} =$	1,00	factor langeduur effect
$f_{cd} =$	23,33	N/mm ²
$\alpha_{ct} =$	1,00	factor langeduur effect
$f_{ctd} =$	1,50	N/mm ²

Aanwezige buigwapening

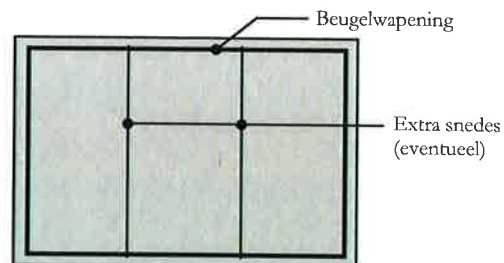
Staven laag 1	4	stuks	$\phi_{km} =$	16	mm
Staven laag 2	0	stuks	$\phi_{km} =$	0	mm
$A_s =$	804	mm ²	$\rho_l =$	0,004	
$\alpha =$	90	°	hoek tussen dw.kr.wap en as ligger		
$\theta =$	45	°	hoek tussen drukdiag. en as ligger		
$\cotg \theta =$	1,00		min. 1; max. 2,5 accoord		

Betonstaalsoort

Klasse	B500B	$\gamma_s =$	1,15
$f_{ywd} =$	435	N/mm ²	Vloeispanning

Belastingen

$N_d =$	200,0	kN	trek	Normaalkracht
$T_{Ed} =$	75,0	kNm		Torsie
$V_{Ed} =$	125,0	kN		Dwarskracht
$\sigma_{cp} =$	0,83	N/mm ²	trek	0,00 f_{cd}

**Weerstand van de doorsnede zonder wapening**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} = 1,61 \leq 2,0$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} \times f_{ck}^{0.5} = 0,425$$

$$V_{Rd,c} = 71 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} \times t_{ef} \times 2 \times A_k$$

$$A = 2,40E+05 \text{ mm}^2$$

$$u = 2 \times (b+h) = 2000 \text{ mm}$$

$$t_{ef} = A/u = 120 \text{ mm}$$

$$z_b = b - t_{ef} = 280 \text{ mm}$$

$$z_h = h - t_{ef} = 480 \text{ mm}$$

met een minimum van: $V_{Rd,c \text{ minimum}} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

$$k = 1,61 \quad C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,12$$

$$k_1 = 0,15 \quad V_{Rd,c \text{ minimum}} = 64 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 71 \text{ kN}$$

$$A_k = z_b \times z_h = 1,34E+05 \text{ mm}^2$$

$$u_k = 2 \times (z_b + z_h) = 1520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed,b} = T_{Ed} \times z_b / (2 \times A_k) = 78 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,h} = T_{Ed} \times z_h / (2 \times A_k) = 134 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,c} = 48 \text{ kNm}$$

Maximale weerstand van de doorsnede

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta \times \tan \theta)$$

$$v_1 = 0,52 \quad \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,max} = 2297 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,max} = 2 \times v_1 \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times (\sin \theta + \cos \theta)$$

$$T_{Rd,max} = 549 \text{ kNm}$$

Toetsing

$T_{Ed} / T_{Rd,c}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	<	1	
1,55	+	1,77	3,32	>	1 extra wapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,c}$				<	1
1,55			1,55	>	1 extra wringwapening nodig
$T_{Ed} / T_{Rd,max}$	+	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	<	1	
0,14	+	0,05	0,19	<	1 doorsnede accoord

Wapening benodigd

$$A_{sw,T;bgls;b/o} = 374 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \text{ Dubbelsnedig (boven en onderzijde)}$$

$$A_{sw,T;bgls;fl} = 642 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \text{ Dubbelsnedig (flanken)}$$

$$A_{sw,V;bgls} = 599 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \text{ Dubbelsnedig}$$

Buitenste beugel (dubbelsnedig)

$$A_{sw,bgls;fl;tot} = 1241 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \quad 1 \text{ beugel} \quad 12 - 150 = 1508 \text{ mm}^2 \quad \text{accoord}$$

Extra snedes (eventueel)

$$A_{sw,snds;tot} = 0 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \quad 0 \text{ snedes} \quad 0 - 0 = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{accoord}$$

$$A_{sl;T;tot} = 975 \text{ mm}^2 \text{ totaal benodigde langswapening met fywd}$$

$$A_{sl;T;zij} = 293 \text{ mm}^2 \text{ extra benodigde wapening in zijvlakken}$$

$$A_{sw;T;o/b} = 195 \text{ mm}^2 \text{ extra benodigde momentwapening in boven- en ondervlak}$$

toetsing dwarskracht en wringing accoord!**Bijkomende trekkacht ΔF_{td} in de langswapening ten gevolge van dwarskracht (optellen bij $A_{sw;T;o/b}$)**

$$\Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 125,0 \times (1,00 - 0,00) = 62,5 \text{ kN} \rightarrow A_{sl;ben} = 144 \text{ mm}^2$$

$$(M_{Ed/z}) + \Delta F_{td} < M_{Ed,max}/\gamma_s \quad M_{Ed,max} \text{ is het maximale moment van de ligger}$$

Controle Trek, dwarskracht en wrijving

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$e = 50 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$\Phi 12 \rightarrow d = 530 \text{ mm}$$

$$\text{Hoofdwapening } 4 \Phi 16 = 804 \text{ mm}^2 \rightarrow \rho_l = 0,004$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \theta = 45^\circ$$

$$\text{Beton: C35/45} \quad f_{ch} = 35 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cd} = 23,3 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctd} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

Betonsoort: B500B

Belastingen

$$M_d = 200 \text{ kNm} \rightarrow \sigma_{cp} = \frac{200 \cdot 10^3}{400 \cdot 600} = 0,83 \text{ N/mm}^2 \quad (0,00 \text{ fcd})$$

$$T_{ed} = 75 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = 125 \text{ kN}$$

Weerstand zonder wapening

$$V_{Rd;c} = [C_{Rd;c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ch})^{1/3} \cdot b_w \cdot d]$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} = 1,61 \quad C_{Rd;c} = 0,12$$

$$V_{Rd;c} = 71 \text{ kN}$$

$$V_{Rd;c; \text{minimum}} = [V_{\text{min}} + k \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 69 \text{ kN} < 71 \text{ kN}$$

$$V_{Rd;c} = \underline{\underline{71 \text{ kN}}} < V_{ed} = 125 \text{ kN} \rightarrow \text{dwarskrachtwapening nodig.}$$

$$T_{rd;C} = f_{ctd} \cdot k_{ef} \cdot 2 \cdot A_k = 48,3 \text{ kNm} \quad (\text{zie bijlage A})$$

$$T_{rd;C} = 48,3 \text{ kNm} < T_{Ed} = 75 \text{ kNm} \rightarrow \text{wringversterking nodig}$$

$$A_{sw;T; b_{gl}; f_l = \frac{75 \cdot 10^6}{2 \cdot 134400 \cdot 435 \cdot 1} = 641 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw;V; b_{gl}; f_l = \frac{125 \cdot 10^3}{480 \cdot 435 \cdot 1} = 599 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw; b_{gl}; f_l = 641 + 599 = 1240 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{toegepast: } b_{gl} \neq 12-150 = 1500 \text{ N/mm}^2 > 1240 \text{ mm}^2$$

okkeerd!